



# Bloemtak-uitloop Phalaenopsis: Effect van temperatuur, lichtspectrum en daglengte

A. Kromwijk<sup>1</sup>, E. Kaiser<sup>1</sup>, F. Kempkes<sup>1</sup>, T. Dueck<sup>1</sup>

Rapport GTB-1441

G. Trouwborst<sup>2</sup>, S.W. Hogewoning<sup>2</sup> en R. van de Spek<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wageningen University & Research, Business Unit Glastuinbouw, <sup>2</sup> Plant Lighting B.V.

## Referaat

Phalaenopsis is een energie-intensieve teelt door belichting in de winter en koeling voor de bloei-inductie ( $\pm 8$  weken  $19^{\circ}\text{C}$ ) in de zomer. In opdracht van Kas als Energiebron en de gewascoöperatie potorchidee en met steun van Philips en Hermadix hebben Wageningen UR Glastuinbouw en Plant Lighting praktisch toepasbare strategieën voor energiebesparing op koeling en belichting onderzocht. Afhankelijk van de cultivar is het mogelijk om in de eerste 2 tot 3 weken minder diep te koelen ( $22^{\circ}\text{C}$ ) zonder kwaliteitsverlies. Voor snelle cultivars was 2 weken  $22^{\circ}\text{C}$  echter nog te lang en dat maakt praktische toepasbaarheid lastig. Zowel bij  $19^{\circ}\text{C}$  als  $22^{\circ}\text{C}$  was er geen meerwaarde van rood stuurlicht. Meer rood licht geven in de zomer in een kasteelt is praktisch gezien niet haalbaar. De sturing op een hoog percentage meertakkers bij  $22^{\circ}\text{C}$  door middel van een hoge rood/verrood ratio zou mogelijk wel zin hebben in een teelt zonder daglicht (meerlagen-systeem). Bij sturing op gelijke gewastemperatuur en 4 mol lamplicht per etmaal geeft belichting met LED-lampen net zo veel meertakkers als belichting met SON-T lampen. Hiermee kan aanzienlijk bespaard worden op het energieverbruik van de belichting en, als tegelijkertijd actief gekoeld wordt (najaar/voorjaar), ook op het energieverbruik van de koeling, omdat minder lampwarmte weg gekoeld hoeft te worden. Bij een gelijke gewastemperatuur leidde verkorting van daglengte naar 12 uur tijdens de koeling in de zomer niet tot meer bloemtakken.

## Abstract

Growing Phalaenopsis is energy-intensive due to the need of lighting in winter, a warm vegetative phase ( $29^{\circ}\text{C}$ ) and cooling for flower induction ( $\pm 8$  weeks  $19^{\circ}\text{C}$ ) in summer. Commissioned by Kas als Energiebron, the cooperation of pot orchid growers and supported by Philips and Hermadix, Wageningen UR Greenhouse Horticulture and Plant Lighting investigated practical strategies for energy saving on cooling and lighting. Depending on the variety, it is possible to cool less ( $22^{\circ}\text{C}$ ) in the first 2 to 3 weeks of the flower induction phase without negative effects on the number of spikes and flower buds. For the fastest cultivar tested however, 2 weeks of  $22^{\circ}\text{C}$  was too long, which makes practical applicability difficult. Additional lighting in summer with a low intensity of red light in the evening or during the day had no positive effects. There were no differences in plant quality when plants were illuminated with red/blue LED-light or SON-T (4 mol/m<sup>2</sup>/day supplemental lamp light) during flower induction when plant temperature was kept equal. So lighting with LEDs can save electricity for lighting, but also for cooling in periods with supplemental lighting and relative warm outside air temperatures (autumn/spring). Shortening of day length from 15 to 12 hours during the flower induction phase (cooling) in summer had no positive effects on the number of spikes when crop temperatures were kept equal.

## Rapportgegevens

Rapport GTB-1441

Projectnummer: 3742214600

DOI nummer: 10.18174/415899



## Disclaimer

© 2017 Wageningen Plant Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk, Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk, T 0317 48 56 06, F 010 522 51 93, E glastuinbouw@wur.nl, www.wur.nl/plant-research. Wageningen Plant Research.

Wageningen UR Glastuinbouw aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Adresgegevens

### Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0)10 522 51 93

### Plant Lighting B.V.

Veilingweg 46, 3981 PC Bunnik  
T +31 (0)30 75 12 069

# Inhoud

	<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>9</b>
	1.1 Probleemstelling	9
	1.2 Hypothese en onderzoeksvragen	10
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b>	<b>13</b>
	2.1 Experiment 1: Koeling van voorjaar tot zomer	13
	2.1.1 Plantmateriaal	13
	2.1.2 Behandelingen	13
	2.1.3 Uitvoering en teeltomstandigheden koelfase	15
	2.1.4 Uitvoering en teeltomstandigheden afkweekfase	19
	2.1.5 Plantwaarnemingen	19
	2.2 Experiment 2: koeling zomer 2016	20
	2.2.1 Plantmateriaal	20
	2.2.2 Behandelingen	21
	2.2.3 Uitvoering en teeltomstandigheden koelfase	23
	2.2.4 Uitvoering en teeltomstandigheden afkweekfase	25
	2.2.5 Plantwaarnemingen	25
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b>	<b>27</b>
	3.1 Resultaten experiment 1	27
	3.2 Resultaten experiment 2	30
<b>4</b>	<b>Berekeningen energieverbruik</b>	<b>37</b>
	4.1 Uitgangspunten energieberekeningen	37
	4.2 Energieverbruik bij daglichtloos koelen	38
	4.3 Energieverbruik bij 2 weken 22°C bij start koeling	43
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>45</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>47</b>
	<b>Bijlage 1 Takuitloop Phalaenopsis: literatuur</b>	<b>49</b>
	Inleiding	49
	Verloop bloei-inductie bij Phalaenopsis	49
	Groei en ontwikkeling bij Phalaenopsis	49
	Effect van temperatuur op de tak- en bloeminductie	50
	Invloed van hormonen op de tak- en bloeminductie bij Phalaenopsis	52
	Effect van daglengte bij Phalaenopsis?	53
	Soorten knoprust	53
	Resultaten proef 2014 en denkmodel	54
	Opheffing knoprust via lichtkleur?	55
	<b>Bijlage 2 Ontwikkelingsstadium na 8 weken koeling experiment 2</b>	<b>57</b>





# Voorwoord

Phalaenopsis is een energie-intensieve teelt, waarbij in de zomer ten behoeve van de bloei-inductie ( $\pm 8$  weken  $19^{\circ}\text{C}$ ) en de daaropvolgende afkweek ( $\pm 10$  weken  $21^{\circ}\text{C}$ ) koeling nodig is dat veel energie kost. In dit onderzoek zijn mogelijkheden onderzocht om het energieverbruik voor de koeling in de zomer te verlagen. In de winter is veel energie nodig voor de belichting en daarom is in twee extra behandelingen ook onderzocht of het energieverbruik voor belichting in de winter energiezuiniger kan. In dit voorwoord willen we graag iedereen bedanken die heeft bijgedragen aan de uitvoering van dit onderzoek. Allereerst de financiers: Kas als Energiebron, gewascoöperatie potorchidee, Philips en Hermadix Coatings B.V., en de leveranciers van de koelbare planten: Ammerlaan Orchideeën (Schipluiden), Ter Laak Orchids (Wateringen), Aphrodite Orchidee (Rozenburg) en Butterfly Orchids (Andel). Hartelijk dank ook voor de waardevolle adviezen van de telers en adviseurs in de bijeenkomsten van de begeleidingscommissie onderzoek (BCO) en tijdens de proefbezoeken: Robert en Peter Ammerlaan, Martin van Dijk, Maurice van der Hoorn, Erwin van Vliet, Dirk-Jan Uittenbogaard, Erwin van de Werken (Floricultura), Daniëlle van Tuijl (Philips), Leo Oprel (coördinator Kas als Energiebron, ministerie van EZ), Dennis Medema (coördinator Kas als Energiebron, LTO Glaskracht) en gewasmanager Astrid van der Helm (LTO Glaskracht). Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research, Businessunit Glastuinbouw en door Plant Lighting B.V.. De energieberekeningen zijn uitgevoerd door Frank Kempkes en de technische aanpassingen aan de proefkassen zijn uitgevoerd door Piet Koorneef en Rob Pret. De gewasverzorging en klimaatregeling was in handen van Gerard van de Broek, Bram van Haaster en Fred van Leeuwen.



**Foto 1** Enkele leden van de BCO tijdens wekelijkse rondgang langs de proefkassen.



# Samenvatting

## *Inleiding*

Phalaenopsis is een energie-intensieve teelt. Van het totale areaal potplanten neemt Phalaenopsis 17%, ofwel 230 hectare in (2012). Daarentegen verbruikt Phalaenopsis bijna de helft van de elektra voor belichting van het totale areaal bloeiende potplanten. Ten behoeve van de bloei-inductie ( $\pm 8$  weken  $19^{\circ}\text{C}$ ) en de daaropvolgende afkweek ( $\pm 10$  weken  $21^{\circ}\text{C}$ ) is er koeling nodig dat veel energie kost. Energieberekeningen voor een gemiddelde totale referentieteelt (inclusief opkweek en afkweek waarin niet gekoeld wordt) geven een totaal elektra verbruik van  $110 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$  voor belichting en  $21 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$  voor koeling (het elektra verbruik voor koeling in de koelafdeling is 5 tot 6 maal hoger, maar doordat de koelfase maar 17% van de totale teeltduur beslaat, komt het voor een hele referentieteelt op  $21 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$ ). Eerder onderzoek liet zien dat er kansen liggen om met de juiste strategie van koeling en stuurlicht te besparen op het energieverbruik in de koeling (Dueck *et al.* 2014). In opdracht van Kas als Energiebron en de gewascoöperatie potorchidee en met steun van Philips en Hermadix hebben Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw en Plant Lighting praktisch toepasbare strategieën voor energiebesparing op koeling en belichting onderzocht.

Het onderzoek heeft zich gericht op de volgende vier vragen:

1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?
2. Bevordert rood stuurlicht het aantal bloemtakken per plant?
3. Kan met LED-belichting in plaats van SON-T in een winter-situatie een gelijk aantal takken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd?
4. Geeft het verkorten van de daglengte van 15 naar 12 uur in de zomer een hoger percentage meertakkers?

## *Materiaal en methoden*

Het onderzoek is uitgevoerd in twee experimenten in 2016 (koelperiode van eind maart-eind mei en koelperiode van half juni-half augustus) met elk 8 behandelingen:

- Referentieteelt bij  $19^{\circ}\text{C}$  en een negatieve referentie bij  $22^{\circ}\text{C}$ .
- Wisseling in temperatuur van enige weken  $22^{\circ}\text{C}$  en vervolgens  $19^{\circ}\text{C}$  en vice versa.
- Behandelingen waarbij op verschillende manieren rood licht werd toegevoegd.
- Winterlicht-behandelingen waarbij LED rood/blauw en SON-T met elkaar werden vergeleken bij gelijke planttemperatuur. Hierbij werd het natuurlijk daglicht fors verminderd ten gunste van de belichting (experiment 1).
- Korte dag behandelingen bij  $19^{\circ}\text{C}$  of  $22^{\circ}\text{C}$  (experiment 2).
- Drie cultivars zijn onderzocht: Cambridge, Springtime en Tropic Snowball. De behandelingen werden uitgevoerd tijdens 8 weken koelfase. In de afkweekfase na de koeling waren de omstandigheden voor alle behandelingen gelijk. Na afloop van de afkweekfase werd in het veilingrijpe stadium het aantal takken, vertakkingen en bloemknoppen geteld.

## *Conclusies*

1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?

De temperatuurwissel-behandeling gaf cultivarafhankelijke effecten. Deze lijken af te hangen van de snelheid van takuitloop van de cultivar. Bij een trage uitloper zoals Cambridge kon er aan het begin van de koelperiode 3 weken  $22^{\circ}\text{C}$  aangehouden worden zonder significant in te leveren op het aantal bloemtakken. Bij een snellere uitloper als Springtime kon er 2 weken  $22^{\circ}\text{C}$  aangehouden worden zonder kwaliteitsverlies. Voor de zeer snelle uitloper Tropic Snowball was 2 weken  $22^{\circ}\text{C}$  nog te lang. Mogelijk zou een week  $22^{\circ}\text{C}$  wel kunnen zonder kwaliteitsverlies. Het effect op energiebesparing en teeltversnelling wordt echter wel steeds kleiner. Bij cultivars die gevoelig zijn voor koudeschade is het nog zeker het overwegen waard om niet direct van  $28^{\circ}\text{C}$  naar  $19^{\circ}\text{C}$  te gaan, omdat daarmee ook het optreden van koudeschade verminderd kan worden.

2. Bevordert rood stuurlicht het aantal takken per plant?

Bij 19°C heeft rood stuurlicht geen effect, ook niet bij de winterlicht-behandelingen. Dit komt overeen met de resultaten van de proef uit 2014 (Dueck *et al.* 2014): Bij voldoende koeling voegt lichtspectrum niets toe. Ook onder 22°C heeft rood licht met lage intensiteit geen meerwaarde. Meer rood licht geven zoals in de proef uit 2014, is in de zomer in een kasteelt praktisch gezien niet haalbaar. De sturing op een hoger percentage meertakkers door middel van een hoge rood/verrood ratio zou mogelijk wel zin hebben als de koelfase in een teeltcel zonder daglicht plaats vindt (meerlagen-systeem). Om een indruk te krijgen van het effect op het energieverbruik zijn in hoofdstuk 4 energieberekeningen uitgevoerd voor een situatie met daglicht loos koelen.

3. Kan met LED-belichting in plaats van SON-T in een winter-situatie een gelijk aantal bloemtakken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd?

Bij sturing op gelijke gewastemperatuur tijdens de koeling (19°C) en 4 mol lamplicht per etmaal geeft belichting met LED-lampen (rood/blauw) net zo veel meertakkers als belichting met SON-T lampen. Dit geeft een aanzienlijke besparing (31%) op het energieverbruik van de belichting omdat het energieverbruik van Philips LED-lampen (2.7  $\mu\text{mol/joule}$ ) flink lager is dan van SON-T lampen (1.85  $\mu\text{mol/joule}$ ). Bovendien kan in periodes dat er belicht wordt en tevens actief gekoeld wordt (zoals in najaar/voorjaar) met LED-belichting extra voordeel behaald worden omdat er minder lampwarmte weg gekoeld hoeft te worden. Om de planttemperatuur in de winterperiode gelijk te houden zal de kastemperatuur echter wel iets hoger moeten zijn.

4. Geeft het verkorten van de daglengte van 15 naar 12 uur in de zomer een hoger percentage meertakkers?

Bij een gelijke gewastemperatuur voegt daglengteverkorting tijdens de koeling niets toe. Dat neemt niet weg dat in de praktijk er mogelijk energiezuiniger gekoeld kan worden bij een kortere dag. Daglengteverkorting in de zomer zal een gemiddeld lagere planttemperatuur in de hand werken, wat bij onvoldoende koelcapaciteit gunstig kan zijn voor meer meertakkers. Daglengteverkorting heeft dan de functie van een klimaatbeheersingsmaatregel en kan indirect via een lagere planttemperatuur mogelijk wel een positief effect geven.



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Phalaenopsis is een energie-intensieve teelt. Van het totale areaal potplanten neemt Phalaenopsis 17%, ofwel 230 hectare in (2012). Daarentegen verbruikt Phalaenopsis bijna de helft van de elektra voor belichting van het totale areaal bloeiende potplanten (LEI, 2013). Ten behoeve van de bloei-inductie ( $\pm 8$  weken  $19^{\circ}\text{C}$ ) en de daaropvolgende afkweek ( $\pm 10$  weken  $21^{\circ}\text{C}$ ) is koeling nodig dat veel energie kost. Energieberekeningen voor een gemiddelde totale referentieteel (inclusief opkweek en afkweek waarin niet gekoeld wordt) geven een totaal elektra verbruik van  $110 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$  voor belichting en  $21 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$  voor koeling (elektra verbruik voor koeling in alleen koelafdeling is 5 à 6 maal hoger, maar doordat de koelfase maar 17% van de totale teeltduur beslaat, komt het voor een hele referentieteel op  $21 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$ , zie hoofdstuk 4). In voorjaar/zomer van 2014 is onderzoek uitgevoerd naar de effecten van stuurlicht op de bloemtakuitloop bij Phalaenopsis. Dit in het kader van het project "Stuurlicht in de Glastuinbouw" (WUR-Glas, Plant Lighting en Plant Dynamics). Kort samengevat was de hypothese in dat onderzoek dat koeling de hormoonhuishouding van Phalaenopsis zo beïnvloedt dat uitgroei van bloemtakken ontstaat. Doordat de hormoonhuishouding van planten ook met licht (kleur) gestuurd kan worden, leek het aannemelijk dat uitgroei van bloemtakken ook met de juiste stuurlicht-strategie gestimuleerd kan worden. Zo hoeft minder gekoeld te worden en kan energie bespaard worden op de koeling. De resultaten staan in onderstaande Tabel en worden in het bijschrift samengevat. In Bijlage I wordt uitvoeriger op deze resultaten ingegaan.

Tabel 1

*Onderzoeksresultaten bloeisturingsproef 2014. De inductieperiode van 8 weken is bij verschillende combinaties van twee temperaturen en bij twee lichtspectra uitgevoerd. Net als in de praktijk stimuleerde 8 weken koeling ( $19^{\circ}\text{C}$ ) het % meertakkers bij beide lichtspectra. Opvallend was dat 8 weken licht met een hoge rood/verrood ratio (SON-T) meertakkers stimuleert bij beide temperaturen ( $19^{\circ}\text{C}$  of  $22^{\circ}\text{C}$ ). 4 weken bij  $19^{\circ}\text{C}$  gevolgd door 4 weken bij  $22^{\circ}\text{C}$  stimuleert alleen een hoger % meertakkers bij licht met een hoge rood/verrood ratio gedurende de tweede periode van 4 weken. Dus onderdrukking van verrood licht op het juiste moment biedt kansen om minder te hoeven koelen en dus om energie te besparen. Onze hypothese is dat doorbreking van knoprust vrij gemakkelijk gaat ( $22^{\circ}\text{C}$  genoeg), maar dat juist in de periode daarna de dominantie van de sterkste knop (apicale dominantie) onderdrukt moet worden voor uitgroei van meerdere takken. Onderdrukken van apicale dominantie kan door middel van een lage temperatuur overdag en door belichting met een hoge rood/verrood ratio. In daglicht zit juist relatief veel verrood licht, vergelijkbaar met de behandeling SON-T + verrood.*

Koelperiode week 1-4		Koelperiode week 5-8		Quincy	Red Stones
Temp	Belichting	Temp	Belichting	% meertakkers (>1 tak)	% meertakkers (>2 tak)
$19^{\circ}\text{C}$	SON-T	$19^{\circ}\text{C}$	SON-T	92	32
$19^{\circ}\text{C}$	SON-T	$22^{\circ}\text{C}$	SON-T	90	30
$19^{\circ}\text{C}$	SON-T	$22^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	82	12
$19^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	$19^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	94	46
$19^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	$22^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	80	22
$19^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	$22^{\circ}\text{C}$	SON-T	92	32
$22^{\circ}\text{C}$	SON-T	$22^{\circ}\text{C}$	SON-T	92	34
$22^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	$22^{\circ}\text{C}$	SON-T+ verrood	81	21

Het bovengenoemde onderzoek laat dus zien dat er kansen liggen om met de juiste strategie van koeling en stuurlicht te besparen op het energieverbruik in de koeling. Echter, juist in de zomer kost koelen veel energie en dan wordt nauwelijks belicht. Dus de succesvolle behandeling, namelijk verhogen van de rood/verrood ratio van het licht door met SON-T te belichten, is praktisch slecht in te passen in de zomer en bespaart dan ook geen energie. In dit project zijn strategieën voor besparing op koeling en inzet van stuurlicht beproefd die wel praktisch toepasbaar zijn in de zomer en energiezuinig zijn.

## 1.2 Hypothese en onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten in Tabel 1 en literatuur (Bijlage I) is de hypothese ontwikkeld dat het omzetten van de vegetatieve fase naar de generatieve fase bij Phalaenopsis vrij gemakkelijk gaat, 22°C zou ruim voldoende moeten zijn. Om een hoog percentage meertakkers te halen, zal juist in de periode daarna de dominantie van de sterkste knop(pen) (apicale dominantie) onderdrukt moet worden om de uitgroei van meerdere bloemtakken te bevorderen. Zie bijlage I voor verdere onderbouwing.

Het onderzoek heeft zich gericht op de volgende vier vragen:

1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?
2. Bevordert rood stuurlicht het aantal bloemtakken per plant?
3. Kan met LED-belichting in plaats van SON-T in een winter-situatie een gelijk aantal bloemtakken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd? (alleen experiment 1)
4. Geeft het verkorten van de daglengte van 15 naar 12 uur in de zomer een hoger percentage meertakkers? (alleen experiment 2)

Deze vier vragen worden hieronder toegelicht:

*Onderzoeksvraag 1:* minder extreem koelen gedurende de eerste weken van de koeling.

Uit het onderzoek naar takuitloop in de zomer van 2014 is het inzicht ontstaan dat vooral de tweede periode van de koelfase bepalend is voor het percentage meertakkers. Dit sluit aan bij de hypothese dat de dominantie van de eerste ontwikkelende bloemtakknop(pen) onderdrukt moet worden om latere bloemtakknoppen de kans te geven om uit te lopen. Een hogere temperatuur aan het begin van de koelfase bespaart energie voor de koeling en zal de teeltsnelheid verhogen wat ook energie bespaard. Tevens is de kans op koelschade aan de planten minder groot.

*Onderzoeksvraag 2:* Gebruik van rood stuurlicht.

Zoals uit Tabel 1 blijkt, stimuleert een hoge rood/verrood ratio van het licht de uitloop van meertakkers (proef 2014). Echter in de zomer bestaat de lichtsom voornamelijk uit natuurlijk daglicht dat een veel lagere rood/verrood ratio heeft dan SON-T licht. Door middel van het inzetten van rood LED-licht is op een aantal verschillende manieren het effect van verandering van het lichtspectrum op het percentage meertakkers onderzocht.

Één van de kwantitatieve grootheden met betrekking tot de lichtkwaliteit (lichtspectrum) is de PSS-waarde, de 'phytochrome photostationary state'. Het pigment fytochroom B in de plant is gevoelig voor lichtkleur en kan daardoor veranderen in de actieve of in de inactieve vorm. De balans tussen de actieve en de inactieve vorm wordt uitgedrukt in een PSS-waarde. Zonlicht (relatief lage rood/verrood ratio) resulteert in een PSS-waarde van circa 0.71. In de glastuinbouw wordt assimilatiebelichting gebruikt om de fotosynthese, en daarmee de groei, te bevorderen. Maar assimilatiebelichting resulteert in een andere PSS-waarde dan zonlicht en kan daarmee een sturend effect hebben (stuurlicht), waardoor de morfologie en ontwikkeling van het gewas beïnvloed wordt. SON-T belichting (relatief hoge rood/verrood ratio) toevoegen aan zonlicht verhoogt de PSS iets, maar na zonsondergang is SON-T de enige vorm van belichting en is de PSS duidelijk verhoogd ten opzichte van zonlicht.

SON-T geeft een PSS-waarde van circa 0.84; rode LED-lampen resulteren in een nog hogere PSS-waarde, circa 0.88. De PSS-waarde onder SON-T kan verlaagd worden door verrood licht toe te voegen (voor meer uitleg PSS, zie rapport: Stuurlicht bij de tijd, Trouwborst *et al.* 2013). Activering van fytochroom B (hoge PSS verkregen door een hoge rood/verrood ratio) onderdrukt de apicale dominantie van het sterkste groeipunt. De hypothese is dat hierdoor niet alleen maar de sterkste bloemtak uitloopt, maar dat daardoor meerdere takken tegelijk de kans krijgen uit te lopen. Zowel lage dagtemperaturen als actief fytochroom B (door een hoge rood/verrood ratio) zouden zo het percentage meertakkers moeten stimuleren.

#### *Onderzoeksvraag 3: LED in plaats van SON-T in een wintersituatie.*

In voorjaar, najaar en winter wordt belicht tijdens de koelfase. Om ook in die periode energie te kunnen besparen, biedt inzet van LED-belichting perspectieven: Het spectrum van de meest efficiënte armaturen is in het kader van bovenomschreven hypothese gunstig: rood (660 nm) LED-licht activeert fytochroom B sterk, en juist dat lijkt de basis te zijn van de succesvolle behandelingen in de proef van 2014. Bovendien geeft LED-belichting geen stralingswarmte af. Juist bij Phalaenopsis zal dat de planttemperatuur overdag onderdrukken vergeleken met SON-T belichting: Immers, Phalaenopsis is een CAM-plant die vooral 's nachts CO<sub>2</sub> opneemt. Dus een heel gedeelte van de lichtperiode zijn de huidmondjes gesloten en verdampt de plant niet. Daardoor zorgt stralingswarmte voor een relatief sterke opwarming van de plant. Stralingswarmte werkt het koelingseffect dus tegen.

Dus de combinatie van het lightspectrum en het ontbreken van stralingswarmte maken LED-belichting specifiek interessant voor de koelfase van Phalaenopsis (NB in de opkweek-fase is de stralingswarmte van SON-T juist wenselijk). De nieuwste LED-armaturen zorgen op zich al voor 31% besparing op elektra bij eenzelfde lichtintensiteit als met SON-T (2.7 µmol/Joule versus 1.85 µmol/Joule SON-T). In de winter zal het gebrek aan stralingswarmte wel met enige extra verwarming gecompenseerd moeten worden. Maar in het voorjaar en najaar is het juist een voordeel dat er door de lagere warmtelast en planttemperatuur minder gekoeld hoeft te worden. Dan kan nog eens extra bespaard worden op elektra voor koeling. In deze proef is er bewust voor gekozen om LED en SON-T met elkaar te vergelijken bij een gelijke gewastemperatuur.

#### *Onderzoeksvraag 4: verkorting van daglengte*

Een mogelijk positief effect van een kortere daglengte op bloei bij Phalaenopsis is door een aantal ondernemers in de praktijk geconstateerd: In de periode april-mei en in september-oktober ziet men vaak de meest uniforme bloei en in de zomer juist ongelijkere en minder uniforme bloei. Telers die in Taiwan zijn geweest, zien daar dat ondanks de hogere temperaturen tijdens de koelfase (in vergelijking met Nederlandse koelomstandigheden) wel veel meertakkers en bloemen ontwikkelen. De fysiologische principes achter een mogelijk bloei-stimulerend effect van een kortere daglengte zijn nog niet vastgesteld. Zaken als een lagere planttemperatuur of minder verrood licht door de kortere daglengte zouden een rol kunnen spelen. In de zomer is voldoende daglicht beschikbaar om bij een kortere daglengte de gewenste lichtsom te behalen. Als een kortere dag bloei stimuleert hoeft er minder gekoeld te worden.

#### *Leeswijzer*

Het rapport is als volgt opgebouwd: In hoofdstuk 2 worden de behandelingen en teeltomstandigheden toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de resultaten besproken. Hoofdstuk 4 bevat een berekening van het effect van het gebruik van LED-belichting in daglichtloze omstandigheden op het energieverbruik ten opzichte van de huidige praktijk. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies. In Bijlage I is een literatuurstudie naar de takuitloop bij Phalaenopsis opgenomen en in Bijlage II staan foto's van de takontwikkeling na de koeling in het 2<sup>e</sup> experiment.



## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Experiment 1: Koeling van voorjaar tot zomer

#### 2.1.1 Plantmateriaal

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van drie verschillende Phalaenopsis cultivars, welke bij een standaard koelfase grote verschillen in de aantal bloemtakken laten zien: 'Springtime' (meestal één tak), 'Cambridge' (twee takken) en 'Tropic Snowball' (drie of meer takken). De planten zijn tot een week voor de start van de koelfase door verschillende telers opgekweekt tot koelbare planten. De planten van de cultivar Springtime zijn geleverd door Ter Laak Orchids (Wateringen), Cambridge door Ammerlaan Orchideeën (Schipluiden) en Tropic Snowball door Aphrodite Orchidee (Rozenburg). Om licht-/koelschade te voorkomen, zijn de planten een week voor de start van de koelbehandelingen (21 maart) in de proefkassen gezet met een plantdichtheid van 45 planten/m<sup>2</sup> en is gedurende een week een temperatuur van 29°C aangehouden om de planten aan de nieuwe omstandigheden te laten wennen.

#### 2.1.2 Behandelingen

In experiment 1 stonden de volgende onderzoeksvragen centraal:

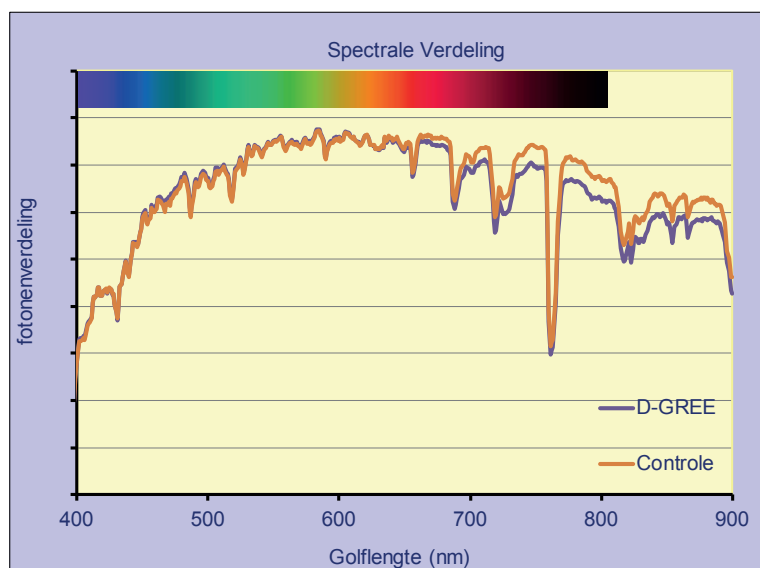
1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?
2. Bevordert rood stuurlicht het aantal bloemtakken per plant?
3. Kan met LED-belichting in plaats van SON-T in een winter-situatie een gelijk aantal bloemtakken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd?

Om deze vragen te beantwoorden zijn tijdens de koelfase (29 maart tot 24 mei 2016) acht behandelingen uitgevoerd (Tabel 2). De referentie (behandeling 1) is de standaard koelfase zoals in de praktijk wordt aangehouden in de zomer: 8 weken 19°C kasluchttemperatuur bij 15 uur daglengte. Met deze standaard wordt in de praktijk in verschillende cultivars een hoog percentage meertakkers bereikt.

*Onderzoeksvraag 1:* In de temperatuurwissel-behandelingen werd de hypothese onderzocht dat de temperatuur in het begin van de koelfase (totdat bloemtakken in oksels beginnen door te breken) hoger mag zijn, zonder dat dit negatieve effecten heeft op het percentage meertakkers. Daarom werd in behandeling 3 in de eerste 3 weken een temperatuur van 22°C aangehouden en daarna 5 weken 19°C. Om de hypothese goed te kunnen testen werd bij behandeling 4 het omgekeerde gedaan met eerst 3 weken 19°C en daarna 5 weken 22°C. Als de hypothese klopt zou deze behandeling juist minder meertakkers moeten geven dan behandeling 3.

*Onderzoeksvraag 2:* In de behandelingen met rood licht is onderzocht of het positieve effect van lage temperatuur op het percentage meertakkers ten dele vervangen kan worden door de inzet van rood licht. Als dit werkt, kan volstaan worden met een minder lage koeltemperatuur in de zomer en energie bespaard worden op de koeling. Daarom werden de rood licht behandelingen getest bij een koeltemperatuur van 22°C in plaats van 19°C. Het effect van rood licht werd op twee verschillende manieren toegepast. Bij behandeling 6 is een fotoselectieve coating (D-GREE, Hermadix Coatings B.V., Aalsmeerderbrug) op het kasdek aangebracht om gedurende de gehele dag de hoeveelheid rood licht ten opzichte van andere lichtkleuren in het zonlicht te verhogen (Figuur 1). De PSS was onder de coating echter maar zeer beperkt hoger (0.722 i.p.v. 0.715). Dit is veel te weinig om effecten te kunnen verwachten. Bij behandeling 5 is de hoeveelheid rood licht aan het eind van de dag verhoogd door het aanschakelen van rode LED-lampen (Toplight, Philips, Eindhoven) met een lage intensiteit (20 µmol/m<sup>2</sup>/s). De lampen werden 2 uur voor zonsondergang aangeschakeld, bij zonsondergang afgeschakeld en bij zonsondergang werden bij alle behandelingen alle zij- en bovenschermen dichtgetrokken.

De hypothese was dat door het PSS-evenwicht op het moment dat de plant in het donker gaat te verschuiven, het effect van een verhoogde PSS langdurig doorwerkt gedurende de nacht (voor korte uitleg PSS: zie inleiding). Om de meerwaarde van rood licht te kunnen beoordelen bij gelijke temperatuur is ook een negatieve referentie toegevoegd (behandeling 2) met een koeltemperatuur van 22°C zonder rood licht. De ervaring is dat bij deze temperatuur minder meertakkers gevormd worden.



**Figuur 1** Verschil in lichtspectrum tussen de referentie en D-GREE. De berekende PSS is voor de referentie 0.715 en onder de D-GREE 0.722.

**Onderzoeksvraag 3:** In de winterlichtbehandelingen is onderzocht of tijdens de koelfase in de winter de aanvullende belichting met SON-T lampen vervangen kan worden door LED lampen (Green power toplight DR/B LB, spectrum: 95% rood / 5% blauw, Philips, Eindhoven). Omdat SON-T lampen meer warmte uitstralen dan genoemde LED-lampen, is in deze twee behandelingen de planttemperatuur gelijk gehouden. Met behulp van infrarood-thermokoppels aan de onderzijde van het blad is de bladtemperatuur gemeten (Figuur 2), en is de kasttemperatuur in behandeling 8 (belichting met LED lampen) tijdens het deel van de dag dat de lampen aangeschakeld waren iets hoger ingesteld, zodat de planttemperatuur gelijk was aan de planttemperatuur in behandeling 7 (belichting met SON-T lampen). Voor de winterlichtbehandelingen is een korte winterdag (8 uur zonlicht) met lage intensiteit natuurlijk licht gesimuleerd. Daarvoor werd het verduisteringsscherm dicht gehouden tot 8 uur voor zonsondergang en werd het verduisteringsscherm vervolgens geleidelijk opengetrokken om geleidelijke toename van het ochtendlicht in de winter na te bootsen. Overdag werd het natuurlijk licht beperkt tot een niveau van natuurlijk licht in de winter door het buitenscherm bovenop het kasdek eerder dicht te laten lopen en meer dicht te houden. Intensiteit van LED en SON-T was  $120 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Om 15 uur voor zonsondergang gingen de lampen aan en voor het einde van de dag gingen de lampen uit, zodat de planten met natuurlijk daglicht de nacht in gingen.



Tabel 2

Beschrijving van de behandelingen in experiment 1.

Nr	Behandeling	Kas	Temp week 1-3	Temp week 4-8	Extra rood licht	Dag-lengte (uur)	Lichtbron
1	Referentie	1.05	19°C	19°C	-	15	Zon**
2	Negatieve referentie	1.03	22°C	22°C	-	15	Zon
3	Temperatuurwissel	1.01	22°C	19°C	-	15	Zon
4	Temperatuurwissel	1.02	19°C	22°C	-	15	Zon
5	Rood licht einde dag	1.04	22°C	22°C	2 uur, eind van dag, door LED	15	Zon + LED
6	Rood licht hele dag	1.06	22°C	22°C	hele dag, door coating	15	Zon
7	Winterlichtbehandeling	1.07	19°C	19°C	-	15	8 uur zon+SON-T
8	Winterlichtbehandeling	1.08	19°C*	19°C*	-	15	8 uur zon+LED (R/B)

\* In de winterlichtbehandeling met LED is het setpoint van de kastemperatuur in de periode dat de lampen aan waren ca. 1,2 °C hoger ingesteld zodat de planttemperatuur onder LED gelijk was aan de planttemperatuur van de winterlichtbehandeling met SON-T.

\*\* Bij alle behandelingen is gestreefd naar een lichtsom van 8 mol PAR-licht/dag. Als op basis van binnengehaald weerbericht in klimaatcomputer minder dan 5 mol licht per dag verwacht werd op plantniveau, is aanvullend belicht met SON-T lampen om minimaal 5 mol licht/dag te realiseren.



**Figuur 2** Infrarood-thermokoppel op de onderzijde van het blad in de winterlichtbehandeling.

### 2.1.3 Uitvoering en teeltomstandigheden koelfase

Alle behandelingen zijn uitgevoerd in kassen van WUR Glastuinbouw in Bleiswijk en de ingestelde teeltomstandigheden zijn afgestemd met de BCO. De behandelingen tijdens de koelfase zijn in 8 kleine kassen uitgevoerd, waar het klimaat zeer strak gecontroleerd kan worden ('airco-kassen', nummers 1.01-1.08). De koelfase in experiment 1 duurde van 29 maart tot 24 mei 2016, de afkweekfase van 25 mei tot maximaal 26 juli (afhankelijk van de afrijpingssnelheid). Bij behandeling 1 t/m 6 werd een daglengte van 15 uur aangehouden door 15 uur voor zonsondergang assimilatielampen (2 SON-T lampen per kas) aan te laten gaan. Het buitenscherm liep dicht op 400 W/m<sup>2</sup>. Er is gestreefd naar een lichtsom van 8 mol/etmaal.

Als op basis van het binnen gehaalde weerbericht in de klimaatcomputer minder dan 5 mol licht per dag werd verwacht, werd aanvullend belicht met SON-T om minimaal 5 mol licht/dag te realiseren. Aan het einde van de dag werd niet belicht met SON-T. In alle kassen werd verneveling aangeschakeld als de RV beneden de 65% zakte. Er is CO<sub>2</sub> gedoseerd als het CO<sub>2</sub>-gehalte van de lucht onder de 800 ppm zakte. Alle licht-, temperatuur- en luchtvochtigheidssensoren zijn voor het begin van de proef gekalibreerd. De lichtintensiteit werd gemeten met een PAR-sensor op planthoogte in elke kas. Er is naar behoefte water gegeven met een broes met 14 l/m<sup>2</sup> water per gietbeurt en het bemestingsrecept in Tabel 3. Voor zover nodig is enkele keren met eb/vloed water gegeven om ongelijkheden in vochtigheid binnen en tussen behandelingen te corrigeren. Er waren drie tafels in elk kas, en per tafel was er één cultivar. Vanuit de gang voor de kassen gezien stond Cambridge op de linker tafel (westkant), Tropic Snowball in het midden en Springtime op de rechter tafel (oostkant).

Tabel 3

*Gebruikt voedingsrecept in de koeling en afkweek.*

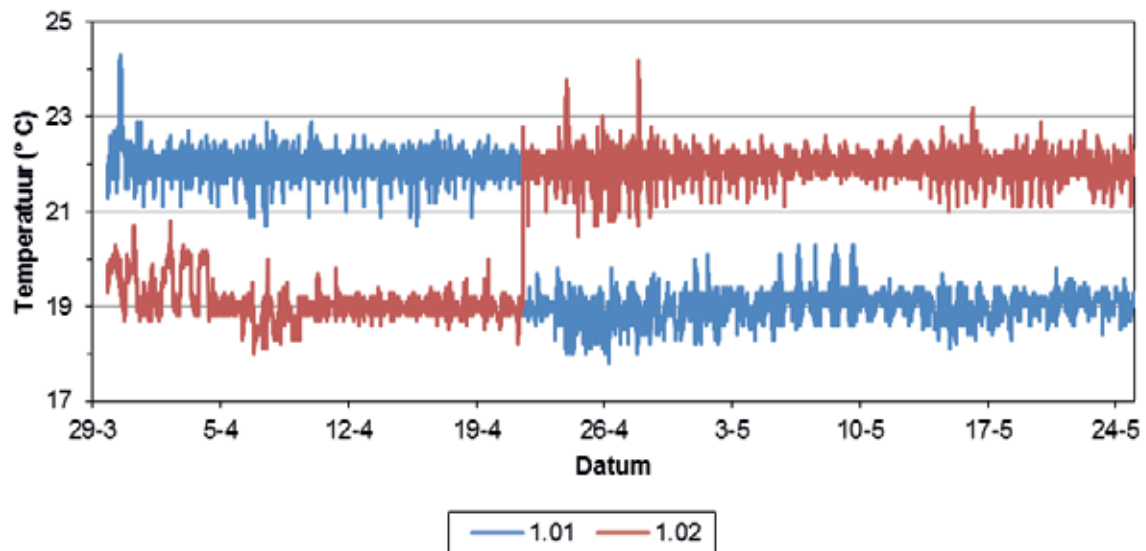
EC	pH	Ureum	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	N-tot
1.1	5.5	2.5*	0.4	4.6	1.7	1.2	6.0	1.0	1.9	30	13	4	15	0.5	0.5	11.4*

\* 2,5 mmol ureum= 5 mmol N

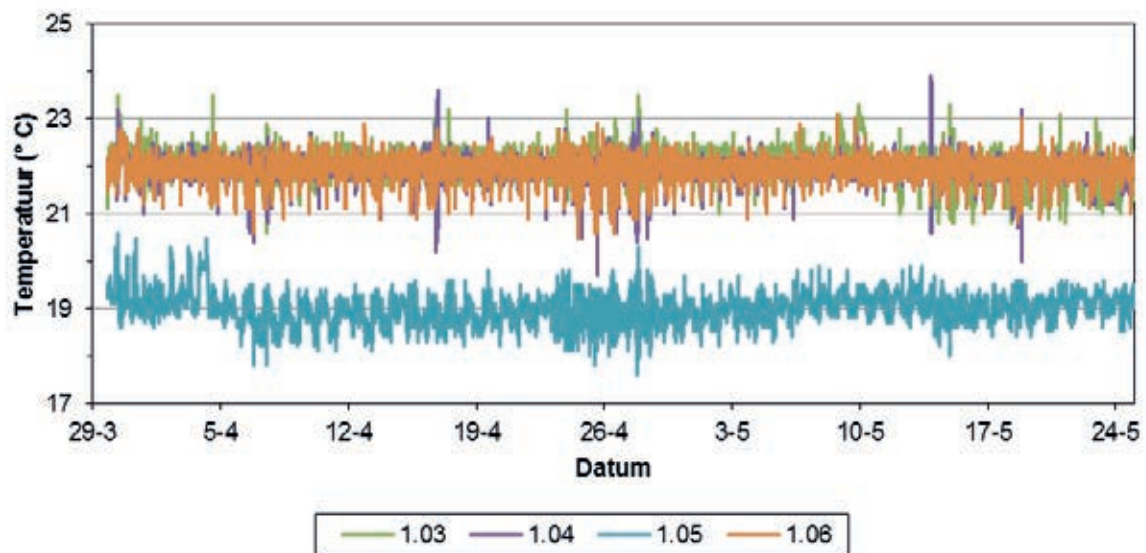
In de navolgende Figuren en in Tabel 4 is het gerealiseerd klimaat in de koelfase weergegeven. De temperatuur-data (Figuren 3-6) zijn aangegeven als 5 minuten gemiddelden, en opgesplitst in groepen van behandelingen die bij elkaar horen (bijvoorbeeld temperatuurwissel-behandelingen in Figuur 3). Alle andere klimaatdata zijn als gemiddelde in Tabel 4 weergegeven.

De gewenste temperaturen tijdens de koelfase zijn goed gerealiseerd. In Figuur 3 en 4 is te zien dat de schommelingen van de 5 minuten gemiddelden rond de setpoints klein waren. In Figuur 5 met de gerealiseerde temperatuur van de twee winterlichtbehandelingen is te zien dat de temperatuur van de kaslucht tijdens de periode dat de lampen aan waren in kas 1.08 met LED-lampen hoger was dan in kas 1.07 met SON-T. Dit komt omdat in de LED-kas het setpoint van de kastemperatuur in de periode dat de lampen aan waren, 1.2°C hoger ingesteld was dan in de kas met SON-T. Dit was nodig om de bladtemperaturen tussen de twee behandelingen gelijk te houden, wat goed gelukt is (Figuur 6). In de periode dat de lampen uit waren was het setpoint van de kastemperatuur in beide kassen gelijk. Tabel 4 laat zien dat daardoor gemiddeld over het hele etmaal de kastemperatuur in de kas met LED-lampen 0.5°C hoger was dan in de kas met SON-T. Gemiddeld over de hele koelperiode was de temperatuur in de kas met LED lampen gemiddeld 19.54°C en in de kas met SON-T 19.05°C.

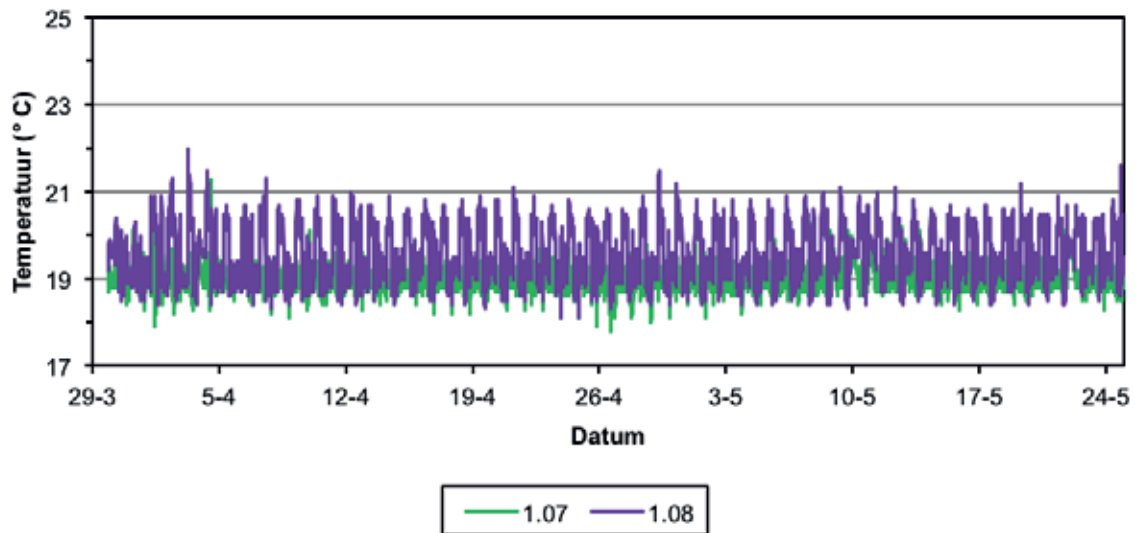
Bij de winterlichtbehandelingen is gemiddeld over de hele koelperiode 8 uur per etmaal bij belicht met de lampen (Tabel 4) met gemiddeld 4 mol/m<sup>2</sup> lamplicht en 3,2 mol/m<sup>2</sup> natuurlijk licht per etmaal. Dit is minder uren belichting dan op donkere dagen midden in de winter in de praktijk.



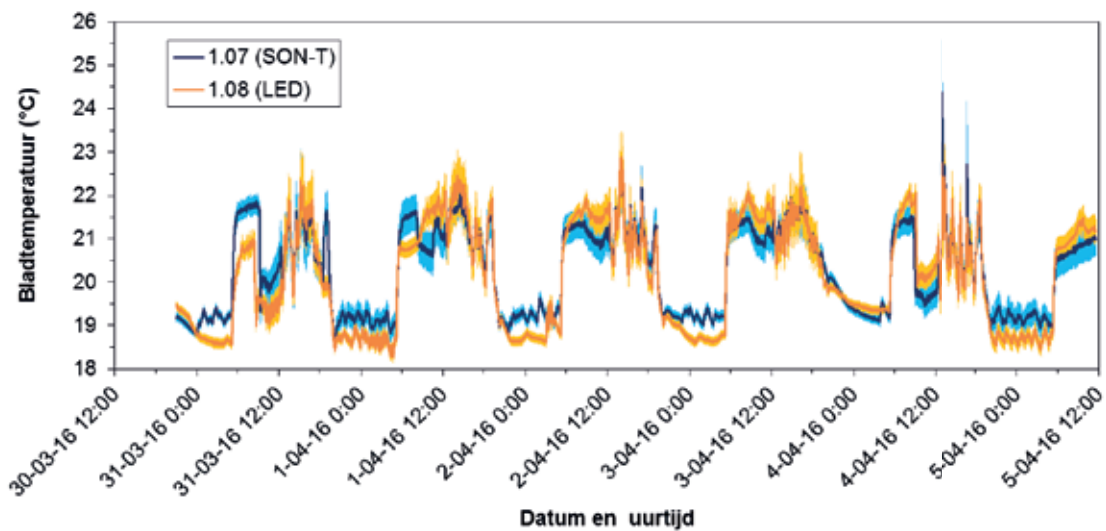
**Figuur 3** Temperaturen in de twee wissel behandelingen (kas 1.01 en 1.02). De gemiddelde temperatuur werd op 21 april (23 dagen na het begin van de behandelingen) gewisseld.



**Figuur 4** Temperaturen in de referentie (kas 1.05, setpoint 19°C), de negatieve referentie (kas 1.03, setpoint 22°C) en de twee behandelingen met extra rood licht (kas 1.04 en 1.06, setpoint 22°C).



**Figuur 5** Temperaturen van de kaslucht in de winterlichtbehandelingen met SON-T (kas 1.07) en met LED-lampen (kas 1.08).



**Figuur 6** Bladtemperaturen in kas 1.07 en 1.08, in de periode 31 maart tot 5 april. Data zijn weergegeven als gemiddelde van vier sensoren per kas  $\pm$  standaardfout (SE). Op 31 maart was het setpoint van de kastemperatuur in kas 1.07 en 1.08 nog gelijk en was in de periode dat de lampen aan waren de bladtemperatuur onder LED (kas 1.08) ca 1.2°C lager dan onder SON-T (kas 1.07). Vanaf 2 april was bladtemperatuur in beide kassen nagenoeg gelijk nadat het setpoint van de kastemperatuur in kas 1.07 met LED-lampen in periode dat lampen aan waren met 1.2°C was verhoogd. Gemiddelde bladtemperaturen voor dezelfde tijd waren 20.25 in kas 1.07 (SON-T) en 20.13 in kas 1.08 (LED). Gemiddeld over het hele etmaal was er een verschil van 0.5°C in de kastemperatuur (zie Tabel 4) om een gelijke bladtemperatuur te realiseren.

Tabel 4

*Gemiddeld gerealiseerd klimaat in koelfase van experiment 1 van 29-3 tot 24-5-2016.*

Nr	Behandeling	Kas	Temp week 1-3	Temp week 4-8	Lichtsom (mol/m <sup>2</sup> /d)	Belichting (uur/d)	CO <sub>2</sub> (ppm)	RV (%)	Vochtdeficit (g/m <sup>3</sup> )
1	Referentie	1.05	18.9	19.0	6.8	1.5	757	70	4.9
2	Negatieve referentie	1.03	22.0	21.9	6.8	1.5	784	69	6.0
3	Temperatuurwissel	1.01	22.0	19.0	7.3	1.5	766	69	5.5
4	Temperatuurwissel	1.02	19.1	21.9	7.1	1.5	769	68	5.8
5	Rood licht einde dag	1.04	21.9	21.9	6.3	1.5	753	68	6.2
6	Rood licht hele dag	1.06	21.9	21.9	6.9	1.5	785	68	6.2
7	Winterlichtbehandeling	1.07	19.0	19.1	6.7	8.1	765	69	5.0
8	Winterlichtbehandeling	1.08	19.5	19.6	7.6*	8.0	788	70	5.1

\* Voor de start van de proef zijn de lichtmeters gekalibreerd en is de lichtverdeling over het hele teeltoppervlak gemeten in beide kassen en was de lichtverdeling en het gemiddelde lichtniveau voor beide kassen gelijk. Dat de lichtmeter in kas 1.08 ca. 13% hoger aan gaf in kas 1.07 op het moment dat alleen de lampen aan waren is daarom waarschijnlijk het gevolg van punt in de kas waar lichtniveau met puntmeting gemeten is. De lichtmeter in kas 1.08 heeft blijkbaar op een iets lichter punt gestaan dan in kas 1.07.

#### 2.1.4 Uitvoering en teeltomstandigheden afkweekfase

Na de koelfase zijn alle planten uit de airco-kassen gehaald, en op 24 mei 2016 allemaal bij elkaar in een aparte afkweekkas gezet (kas 7.02) met een plantdichtheid van 45 pl/m<sup>2</sup>. Alle behandelingen zijn verdeeld over twee proefvelden: één proefveld in de zuidelijke helft van de afkweekkas en één in de noordelijke helft van de afkweekkas om er voor te zorgen dat er geen invloed van plaatseffecten in de kas op kon treden. Binnen de kashelften zijn de cultivars verloot over de beschikbare tafels en binnen de tafels zijn de behandelingen verloot. Er is gestreefd naar een etmaaltemperatuur van 21°C met een dag/nacht temperatuur van 22/20°C. De gerealiseerde, gemiddelde etmaaltemperatuur was 21.1°C. Er werd gestreefd naar een lichtsom van 8 mol/m<sup>2</sup>/dag. Op plantniveau is gestreefd naar maximaal 250-300 µmol/m<sup>2</sup>/s PAR om lichtschade te voorkomen, met behulp van XLS-16 scherm (37% lichttransmissie) en krijt op het kasdek (44% lichttransmissie). Er werd een natuurlijke daglengte aangehouden en er is niet bijbelicht. De gerealiseerde, gemiddelde lichtsom tijdens de afweek was 6.7 mol/m<sup>2</sup>/d. Er is CO<sub>2</sub> gedoseerd als de meetwaarde beneden de 800 ppm zakte, en de gerealiseerde, gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie was 757 ppm. Verder ging de verneveling aan als de RV onder de 65% zakte, en de gerealiseerde RV was gemiddelde 64%. Watergift was naar behoefte met 14 l/m<sup>2</sup> en een EC van 1.2 met een zelfde bemestingsschema als in de koelfase.

#### 2.1.5 Plantwaarnemingen

Waarnemingen werden op twee manieren gedaan: Naar botanische criteria en naar commerciële (veiling) criteria (Foto 2). Waarnemingen werden aan alle planten van een cultivar in een behandeling gedaan, als meer dan 50% van de planten op een tafel minstens één open bloem hadden. Per plant werd het aantal bloemtakken geteld. Per bloemtak werd de taklengte, aantal open bloemen, aantal commerciële knoppen (diameter > 5 mm), aantal botanische knoppen (inclusief diameter < 5 mm), aantal zijtakken en aantal commerciële en botanische knoppen op elke zijtak geteld. Als een bloemtak korter was dan de hoogte van de eerste bloem aan de voorgaande tak, werd de bloemtak botanisch, maar niet commercieel geteld. Randplanten werden genoteerd en daarna separaat geanalyseerd.





**Foto 2** Tak- en bloemtelling *Phalaenopsis* in de afweekkas van het 1<sup>e</sup> experiment door Reinder van der Spek van Plant Lighting BV.

## 2.2 Experiment 2: koeling zomer 2016

### 2.2.1 Plantmateriaal

De planten voor het 2<sup>e</sup> experiment werden 13-14 juni 2016 geleverd en met 45 pl/m<sup>2</sup> in de proefkassen gezet. Tot 20 juni is een temperatuur van 29°C ingesteld om de planten te laten wennen aan de nieuwe omstandigheden. Planten van de cultivar Cambridge waren slechts 20 weken oud en vrij klein om in de koelfase te gaan en vertoonden schade aan de wortels als gevolg van potworm. Per kas zijn de 32 kleinste Cambridge planten uitgeselecteerd en vervangen door planten van 22 weken oud. Deze planten zijn met een geel label gemarkeerd, om eventuele verschillen tussen 20 en 22 weken oude Cambridge planten later te kunnen herkennen. De takontwikkeling kwam bij Cambridge traag op gang en aan het einde van de koeling waren een aantal ontwikkelende bloemknoppen nog in een heel pril stadium (foto 3), waarschijnlijk (mede) het gevolg van de jonge plantleeftijd en/of schade aan de wortels. Alle Cambridge planten zijn geleverd door Ammerlaan Orchideeën (Schipluiden). Springtime werd weer geleverd door Ter Laak Orchids (Wateringen). Planten van de cultivar Tropic Snowball werden door een andere teler geleverd (Butterfly Orchids, Andel) dan in experiment 1 en deze planten stonden in kokossubstraat. Het watergeefregime is voor deze cultivar naar behoefte aangepast aan het substraat. Bij alle cultivars en behandelingen is naar behoefte water gegeven.



**Foto 3** Ontwikkeling van de bloemtakken was bij Cambridge soms nog in pril stadium bij einde koeling, waarschijnlijk mede door jonge plantleeftijd en/of schade aan wortels door potworm (foto 17-8-2016, 2 dagen na einde koeling).



### 2.2.2 Behandelingen

In experiment 2 stonden de volgende onderzoeksvragen centraal:

1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?
2. Bevordert rood stuurlicht het aantal bloemtakken per plant?
3. Geeft het verkorten van de daglengte van 15 naar 12 uur een hoger percentage meertakkers?

De koelfase in experiment 2 duurde van 20 juni tot 15 augustus 2016 en de afkweek van 15 augustus tot maximaal 18 oktober. Voordat de behandelingen voor experiment 2 begonnen, zijn de resultaten van experiment 1 in een bijeenkomst met de begeleidingscommissie bediscussieerd. Oorspronkelijk was het de bedoeling, dat de behandelingen 1 t/m 6 in experiment 2 precies hetzelfde zouden zijn als in experiment 1, zodat een echte herhaling in de tijd gerealiseerd zou worden (alleen de twee winterlichtbehandelingen, zouden worden vervangen door twee korte dag behandelingen, zie verderop). Tijdens de BCO-bijeenkomst werd het echter duidelijk dat een herhaling van sommige behandelingen niet zinvol gevonden werd, omdat ze geen positief effect hadden opgeleverd in experiment 1. Er werden dus behandelingen aangepast of door andere behandelingen vervangen (Tabel 5).

Net als in experiment 1 was er een referentie (8 weken 19°C met natuurlijke daglengte) en een negatieve referentie (8 weken 22°C met natuurlijke daglengte).

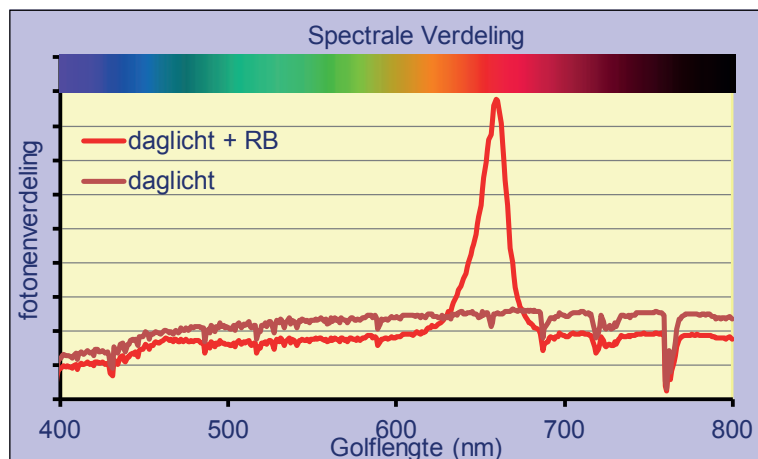
*Onderzoeksvraag 1:* Er is slechts één aangepaste temperatuurwissel-behandeling gehandhaafd met 22°C in de eerste twee weken, en 19°C in de volgende 6 weken. Om meer meertakkers te realiseren is bij deze behandeling vanaf het moment dat de eerste takken in de oksels doorbraken overgeschakeld naar 19°C (vervroegd naar 2 weken in plaats van 3 weken zoals in experiment 1). De omgekeerde behandeling (die diende als referentie voor de eerstgenoemde temperatuurwissel-behandeling in experiment 1 om de juistheid van de hypothese over de temperatuurwisselbehandelingen te toetsen) is geschrapt omdat deze geen perspectief heeft voor de praktijk.

*Onderzoeksvraag 2:* In de behandelingen met rood licht in experiment 1 was er geen meerwaarde van rood licht (zie 3.1), wat mogelijk verklaard kan worden door:

- De fotoselectieve coating bij behandeling 6 veranderde het aandeel rood licht nauwelijks.
- In behandeling 5 werden de LED lampen met lage intensiteit rood licht van 2 uur voor zonsondergang tot zonsondergang aangeschakeld en werden bij zonsondergang de zij- en bovenschermen dicht getrokken. Uit nadere analyse bleek dat de bovenschermen nog niet dicht waren op het moment dat de lampen uit gingen, terwijl het buitenlichtniveau op dat moment nog niet nul was (op dat moment varieerde lichtniveau buiten van 0 tot 9 W/m<sup>2</sup> buiten en 0 tot 3 µmol/m<sup>2</sup>/s PAR-licht op plantniveau in de proefkas gedurende 5 tot 10 minuten). Daarom kan niet uitgesloten worden dat er toch nog een invloed geweest is van de natuurlijke schemering die verrijkt is met verrood licht (tegengesteld sturende werking rood licht), in de ca. 5-10 minuten nadat de lampen uitgegaan waren en het scherm nog niet volledig gesloten was.

Daarom werden de rood licht behandelingen aangepast. De behandeling met rood licht aan het eind van de dag werd ten opzichte van experiment 1 met een uur verlengd (dus 3 uur 20 µmol/m<sup>2</sup>/s rood PAR licht in plaats van 2 uur), en deze werd bij zowel 19 als 22°C uitgevoerd. In beide behandelingen werden de rode LED-lampen (Greenpower productiemodules GPPM DR 150, Philips) anderhalf uur voor zonsondergang aangeschakeld, anderhalf uur na zonsondergang uitgeschakeld, en werden bij zonsondergang bij alle behandelingen alle schermen dichtgetrokken om te voorkomen dat de fytochroom-balans bij het uitgaan van de rode LED-lampen nog door daglicht veranderd kon worden. De behandeling met de fotoselectieve coating werd vervangen door een behandeling met lage intensiteit rood/blauw licht gedurende 15 uur per dag (31.5 µmol/m<sup>2</sup>/s PAR; Green power toplight DR/B LB, Philips) bij 22°C. Bij positief resultaat is het zinvol om fotoselectieve coatings of schermen te gaan ontwikkelen waarmee eenzelfde sturend effect bereikt zou kunnen worden. Om een vergelijkbare lichtsom en lichtintensiteit met andere behandelingen te bereiken, zijn de onderste helften van de zijkanten van deze kas langs de corridors met extra wit plastic afgeschermd, naast de al bestaande afscherming tussen de kassen om onderlinge verstoring van de behandelingen te voorkomen. Om de volgende reden is gekozen voor 31.5 µmol/m<sup>2</sup>/s rood/blauwe LED: Er is uitgegaan van 15 uur dag met een dagsom van 7 mol/dag (=gemiddelde lichtsom gerealiseerd in experiment 1). Dit geeft een gemiddelde intensiteit van 130 µmol/m<sup>2</sup>/s.

Door middel van schermen is gepoogd de daglichtsom naar gemiddeld  $98.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  te laten dalen (daglicht PAR dus  $5.3 \text{ mol}$ ), aangevuld met  $31.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  PAR lamplicht gedurende 15 uur, dus  $1.7 \text{ mol}$  lamplicht per dag. Dat is samen ook  $7 \text{ mol}/\text{dag}$ . De PSS zal over de dag variëren naar gelang de verhouding daglicht/lamplicht, maar gemiddeld neerkomen op  $0.787$  (Figuur 7). De lampen gingen  $13,5$  uur voor zonsondergang aan en  $1,5$  uur na zonsondergang uit.



**Figuur 7** Spectrale verdeling van behandeling 6 (experiment 2). Beide spectra zijn geschaald op  $130 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  PAR. Dit resulteert in een PSS van  $0.787$  ten opzichte van daglicht met  $\text{PSS}=0.715$ .

**Onderzoeksvraag 4:** In de korte dag behandelingen werd onderzocht of een kortere daglengte in de zomer ( $12$  uur, ten opzichte van een natuurlijke daglengte van ca.  $15$ - $16$  uur) een positief effect heeft op het aantal meertakkers, en of dat de koelbehoefte in de zomer zou kunnen verminderen. Daarom is een korte dag behandeling bij zowel  $19^\circ\text{C}$  als  $22^\circ\text{C}$  uitgevoerd. Door alleen in het begin en aan het eind van de dag te verduisteren, werd het verlies aan natuurlijk licht zo klein mogelijk gehouden, en door het buitenscherm overdag iets later te laten dicht lopen dan bij de andere behandelingen zijn de lichtsommen en planttemperaturen zoveel mogelijk gelijk gehouden als in de referentie en negatieve referentie met natuurlijke daglengte.

**Tabel 5**

Beschrijving van de koelbehandelingen van 20 juni tot 15 augustus 2016 in experiment 2.

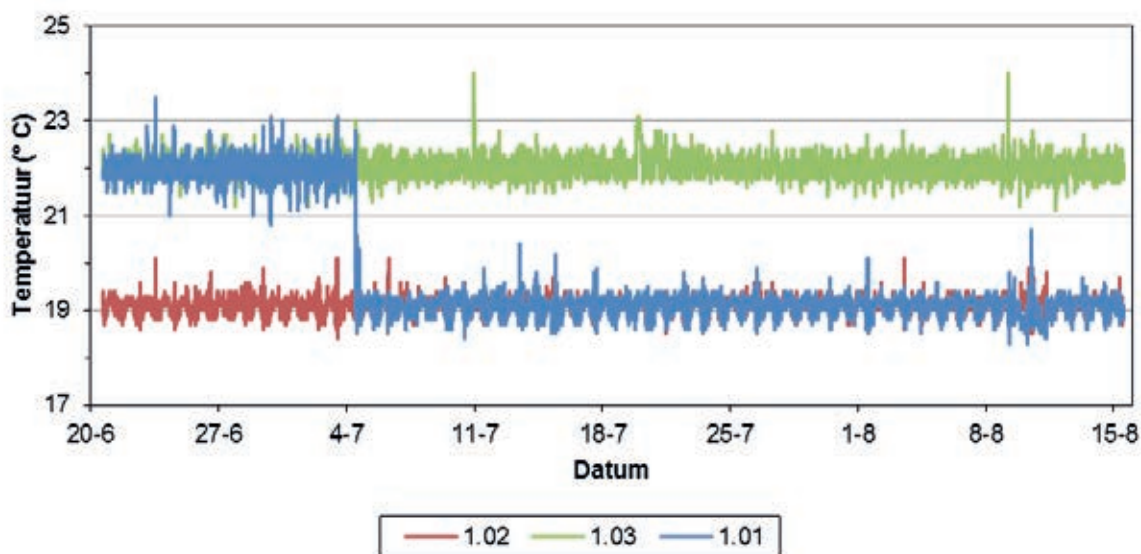
Nr.	Behandeling	Kas	Temp wk 1-2	Temp wk 3-8	Extra rood licht	Daglengte (uren)	Lichtbron
1	Referentie	1.02	$19^\circ\text{C}$	$19^\circ\text{C}$	-	Natuurlijk	Zon*
2	Negatieve referentie	1.03	$22^\circ\text{C}$	$22^\circ\text{C}$	-	Natuurlijk	Zon
3	Temperatuurwissel	1.01	$22^\circ\text{C}$	$19^\circ\text{C}$	-	Natuurlijk	Zon
4	Rood licht (3 uur)	1.04	$19^\circ\text{C}$	$19^\circ\text{C}$	3 uur, eind van dag, door LED	Natuurlijk	Zon+LED
5	Rood licht (3 uur)	1.05	$22^\circ\text{C}$	$22^\circ\text{C}$	3 uur, eind van dag, door LED	Natuurlijk	Zon+LED
6	Rood licht (15 uur)	1.06	$22^\circ\text{C}$	$22^\circ\text{C}$	hele dag (15 uur) door LED	Natuurlijk	Zon+LED
7	Korte dag $19^\circ\text{C}$	1.08	$19^\circ\text{C}$	$19^\circ\text{C}$	-	12	Zon
8	Korte dag $22^\circ\text{C}$	1.07	$22^\circ\text{C}$	$22^\circ\text{C}$	-	12	Zon

\*\* Bij alle behandelingen is gestreefd naar een lichtsom van  $8 \text{ mol}$  PAR-licht/dag. Als op basis van het binnengehaald weerbericht in de klimaatcomputer minder dan  $5 \text{ mol}$  licht per dag verwacht werd op plantniveau, is aanvullend belicht met SON-T lampen om minimaal  $5 \text{ mol}$  licht/dag te realiseren.

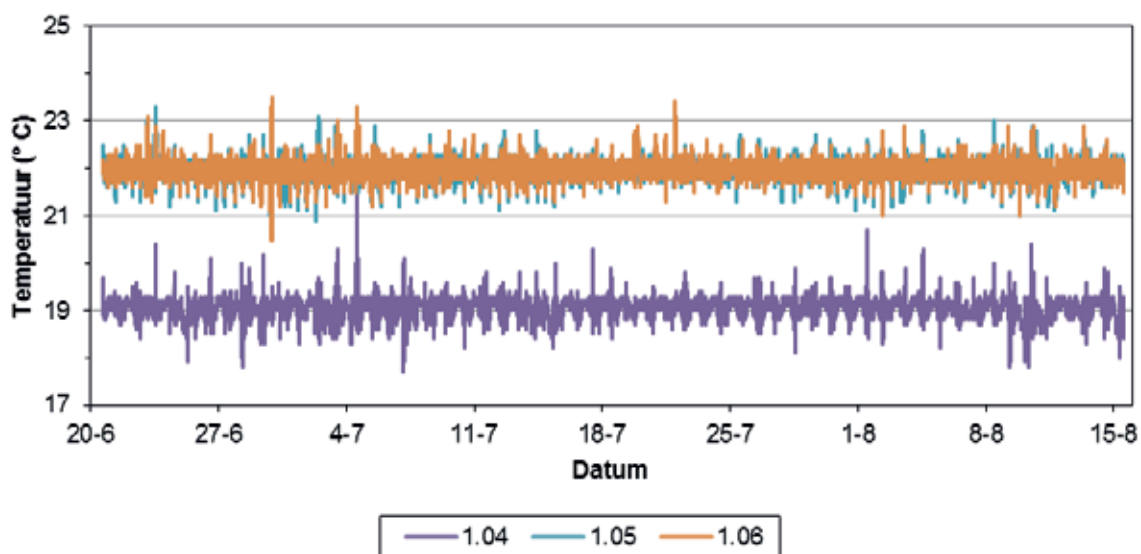
### 2.2.3 Uitvoering en teeltomstandigheden koelfase

De uitvoering van de koelfase van experiment 2 is zoveel mogelijk gelijk gehouden aan de uitvoering van experiment 1 (zie 2.1.3). De verneveling werd dit keer echter niet op een gelijk RV-setpoint ingesteld, maar op een gelijk vochtdeficit setpoint van  $6.9 \text{ g/m}^3$ . Dit komt overeen met 62% RV bij  $19^\circ\text{C}$  en 68% RV bij  $22^\circ\text{C}$ . Er werd  $\text{CO}_2$  gedoseerd als de concentratie onder 800 ppm zakte. Vanuit de gang voor de kassen gezien stond Cambridge op de linker tafel (westkant), Springtime in het midden en Tropic Snowball op de rechter tafel (oostkant). In de navolgende Figuren en in Tabel 6 is het gerealiseerde klimaat in de koelfase van experiment 2 weergegeven.

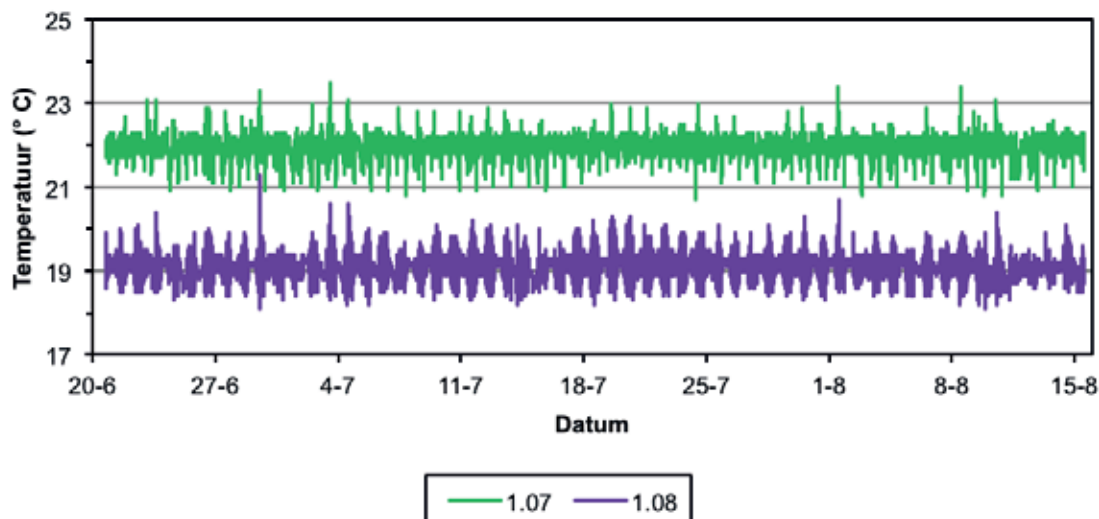
In Figuren 8-10 is zichtbaar dat de temperaturen dichtbij de setpoints gerealiseerd zijn. In de temperatuurwissel-behandeling werd de temperatuur op 4 juli en dus exact 14 dagen na het begin van de koelfase gewisseld (Figuur 8).



**Figuur 8** Temperaturen in de referentie (kas 1.02,  $19^\circ\text{C}$ ), de negatieve referentie (kas 1.03,  $22^\circ\text{C}$ ) en de temperatuurwissel-behandeling (kas 1.01, 14 dagen  $22^\circ\text{C}$  en daarna  $19^\circ\text{C}$ ).



**Figuur 9** Temperaturen in de behandelingen met extra rood licht met temperatuursetpoint van  $19^\circ\text{C}$  in kas 1.04 en  $22^\circ\text{C}$  in kas 1.05 en 1.06.



**Figuur 10** Temperaturen in de korte dag behandelingen met temperatuursetpoint van 19°C in kas 1.08 en 22°C in kas 1.07.

Tabel 6

Gemiddeld gerealiseerd klimaat in koelfase van experiment 2, van 20-6 t/m 14-8-2016.

Nr	Behandeling	Kas	Temp week 1-2	Temp week 3-8	Lichtsom (mol/m <sup>2</sup> /d)	Belich-ting* (uur/d)	CO <sub>2</sub> (ppm)	RV (%)	Vochtdeficit (g/m <sup>3</sup> )
1	Referentie	1.02	19.1	19.1	7.1	0.4	775	76	4.0
2	Negatieve referentie	1.03	22.0	22.0	6.6	0.4	791	71	5.6
3	Temperatuurwissel	1.01	22.0	19.1	7.4	0.4	774	71	5.0
4	Rood licht (3 uur)	1.04	19.0	19.1	7.0	0.4	745	71	4.9
5	Rood licht (3 uur)	1.05	21.9	22.0	7.2	0.4	771	68	6.3
6	Rood licht (15 uur)	1.06	22.0	22.0	7.1	0.6	804	68	6.3
7	Korte dag 19°C	1.08	19.1	19.1	7.4	0.3	781	71	4.8
8	Korte dag 22°C	1.07	21.9	21.9	7.0	0.3	742	66	6.5

\* Belichting=aanvullende belichting met SON-T om minimaal 5 mol PAR licht/dag te realiseren bij alle behandelingen. Vooraf is lichtverdeling van de lampen doorgemeten en die was in alle kassen gelijk en alle schermdoeken stonden gelijk om natuurlijke lichtinval ook zoveel mogelijk gelijk te houden. Gemeten lightsom is gemeten met een puntmeting gaat en waarschijnlijk hebben sommige lichtmeters in ene kas net op een iets lichter punt gestaan dan in andere kassen. Bovendien waren er in zomer 2016 sterke wisselingen in natuurlijk licht en dat kan mogelijk ook op puntmeting in ene kas net wat meer of minder lichtinval op de lichtmeter hebben gegeven.

#### 2.2.4 Uitvoering en teeltomstandigheden afkweekfase

Anders dan na experiment 1 werden de planten niet verplaatst voor de afkweek, maar bleven in dezelfde kassen (kas 1.01-1.08) staan. Klimaatomstandigheden werden overal gelijk ingesteld, en de opgehangen schermen tussen de kassen werden weggehaald om lichtverlies te voorkomen en overal dezelfde hoeveelheid licht in de kas te realiseren. De nagestreefde etmaaltemperatuur was 21°C met een dagtemperatuur van 22°C en nachttemperatuur van 20°C. De streefwaarde voor de lichtsom was 8 mol/m<sup>2</sup>/d en bij verwachting van lichtsom lager dan 5 mol/m<sup>2</sup>/d op basis van het opgehaalde weerbericht door de klimaatcomputer werd met SON-T lampen bijbelicht tot een minimale lichtsom van 5 mol/m<sup>2</sup>/d. De minimum streefwaarde voor RV was 65% en er werd CO<sub>2</sub> gedoseerd als de waarde in de kas beneden de 800 ppm zakte. Andere teeltomstandigheden waren hetzelfde als in de koelfase. Het gemiddeld gerealiseerde klimaat staat in Tabel 7.

Tabel 7

*Gemiddeld gerealiseerd klimaat in afkweekfase van experiment 2 van 16-8 t/m 2-10-2016.*

Nr.	Behandeling	Kas	Temp (°C)	Lichtsom (mol/m <sup>2</sup> /d)	Belichting *(uur/d)	CO <sub>2</sub> (ppm)	RV (%)	Vochtdeficit (g/m <sup>3</sup> )
1	Referentie	1.02	21.0	5.8	1.6	768	68	5.9
2	Negatieve referentie	1.03	21.0	4.9	1.6	807	72	5.2
3	Temperatuurwissel	1.01	20.9	6.2	1.6	769	67	6.0
4	Rood licht (3 uur)	1.04	20.9	5.2	1.6	761	66	6.2
5	Rood licht (3 uur)	1.05	21.0	5.4	1.6	776	67	6.0
6	Rood licht (15 uur)	1.06	20.9	5.5	1.7	805	67	5.9
7	Korte dag 19°C	1.08	20.9	5.9	1.6	782	66	6.2
8	Korte dag 22°C	1.07	20.9	5.8	1.6	765	65	6.3

#### 2.2.5 Plantwaarnemingen

Plantwaarnemingen waren gelijk aan de waarnemingen in experiment 1 (zie 2.1.5).





## 3 Resultaten en discussie

De resultaten zijn per experiment gegroepeerd volgens de volgende vier onderzoeksvragen:

1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?
2. Bevordert rood stuurlicht het aantal bloemtakken per plant?
3. Kan met LED-belichting in plaats van SON-T in een winter-situatie een gelijk aantal bloemtakken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd? (alleen experiment 1).
4. Geeft het verkorten van de daglengte van 15 naar 12 uur een hoger percentage meertakkers? (alleen experiment 2).

Het aantal takken, zijtakken en bloemknoppen is op twee manieren geteld: Botanisch en commercieel volgens de veilingdefinitie (VBN, product specification, Phalaenopsis in pots, 2013). Bij de botanische telling zijn alle takken, zijtakken en bloemknoppen ongeacht grootte meegeteld. De veilingdefinitie komt kortgezegd op het volgende neer:

- Alleen bloemknoppen groter dan 0.5 cm tellen mee.
- Takken met drie of meer bloemknoppen (groter dan 0.5 cm) tellen mee als tak, mits de lengte van de tak groter is dan de laagst zittende bloem(knop) van de voorgaande tak.
- Een plant is 'vertakt' als de plant tenminste 10 knoppen (groter dan 0.5 cm) heeft en er tenminste drie bloemknoppen (groter dan 0.5 cm) op de zijtakken zitten.

De getallen in de Tabellen zijn van de commerciële telling, tenzij anders weergegeven.

### 3.1 Resultaten experiment 1

De koelbehandelingen van experiment 1 zijn uitgevoerd van 29 maart-24 mei en de planten zijn onder gelijke omstandigheden afgekweekt van 25 mei tot maximaal 26 juli. Tabel 8 geeft de hoofdresultaten weer van het eerste experiment. De volgende zaken vallen op:

- Planten bij 19°C (behandeling 1, 7 en 8) geven meer takken dan bij 22°C, ongeacht het gebruikte lightspectrum. Een koelfase bij 19°C vertraagt de teelt wel zo'n 14-15 dagen ten opzichte van 22°C.
- De temperatuurwissel-behandeling met 3 weken 22°C en 5 weken 19°C (behandeling 3) geeft voor Cambridge een gelijk resultaat als de referentie van 8 weken 19°C en is 5 dagen sneller. Het percentage meertakkers ligt voor Springtime en Tropic Snowball bij deze behandeling wel significant lager dan bij de referentie.
- De omgekeerde temperatuurwissel-behandeling met 3 weken 19°C en 5 weken 22°C (behandeling 4) geeft bij alle drie de cultivars een lager percentage meertakkers dan de 19°C referentie. Uit de resultaten voor Cambridge blijkt dat 19°C in de tweede periode belangrijker is dan in de eerste periode van de koelfase.
- De behandelingen 2 uur rood licht (behandeling 5) en coating (behandeling 6) bij een koeltemperatuur van 22°C hebben geen meerwaarde en verschillen niet significant van de referentie van 22°C.
  - Bij de fotoselectieve coating (behandeling 6) bleek de coating geen groot effect te hebben op het lightspectrum (Figuur 1). Het aandeel rood licht was nauwelijks veranderd door de coating en op basis daarvan is geen effect te verwachten.
  - Bij behandeling 6 werden de LED lampen met lage intensiteit rood licht aangeschakeld van 2 uur voor zonsondergang tot zonsondergang en werden bij zonsondergang de schermen dicht getrokken. Uit nadere analyse bleek dat de schermen nog niet dicht waren op het moment dat de lampen uit gingen, terwijl het buitenlichtniveau nog niet nul was (van dag tot dag variërend van 0 tot 9 W/m<sup>2</sup> buiten en 0 tot 3  $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s PAR-licht op plantniveau in de proefkas gedurende 5 tot 10 minuten). Daarom kan niet uitgesloten worden dat er toch nog een invloed geweest is van de natuurlijke schemering die verrijkt is met verrood licht (tegengesteld sturende werking rood licht) in de circa 5-10 minuten nádat de lampen uitgegaan waren en het scherm nog niet volledig gesloten was. Dit kan een mogelijk positieve effect van met rood licht de nacht ingaan, teniet hebben gedaan.
- Er waren geen verschillen in percentage meertakkers tussen belichting met LED-lampen of SON-T lampen en koeling bij 19°C met sturing op gelijke planttemperatuur. Hierbij moet worden opgemerkt dat er gemiddeld 8 uur per etmaal is bij belicht met de lampen met gemiddeld 4 mol/m<sup>2</sup> lamplicht en 3,2 mol/m<sup>2</sup> natuurlijk licht per etmaal. Dit is minder uren belichting dan op donkere dagen midden in de winter in de praktijk.

Tabel 8

Effect van diverse behandelingen op het % meertakkers bij *Phalaenopsis* 'Cambridge', 'Springtime' en 'Tropic Snowball' in experiment 1. Verschillende letters (a, b, c) geven per cultivar statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan (commerciële telling,  $n=100-120$ , Fishers LSD,  $\alpha < 0.05$ ). Bij gelijke letters per cultivar is er geen betrouwbaar verschil.

Nr.	behandeling	Cambridge % tweetakkers	Springtime % tweetakkers	Tropic Snowball % drie of meertakkers
1	19°C referentie	66% <sup>a</sup>	63% <sup>a</sup>	53% <sup>a</sup>
2	22°C negatieve referentie	14% <sup>c</sup>	17% <sup>cd</sup>	17% <sup>cd</sup>
3	3*22°C 5*19°C	61% <sup>a</sup>	27% <sup>c</sup>	30% <sup>b</sup>
4	3*19°C 5*22°C	31% <sup>b</sup>	28% <sup>c</sup>	23% <sup>bc</sup>
5	22°C + 2hr rood	10% <sup>c</sup>	12% <sup>d</sup>	11% <sup>d</sup>
6	22°C + coating	11% <sup>c</sup>	26% <sup>c</sup>	14% <sup>cd</sup>
7	19°C SON-T	68% <sup>a</sup>	50% <sup>b</sup>	64% <sup>a</sup>
8	19°C LED	63% <sup>a</sup>	49% <sup>b</sup>	63% <sup>a</sup>

Tabel 9 bevat de gegevens van de teeltduur en de bloemtellingen per cultivar. De volgende zaken zijn van belang:

- De 19°C behandelingen (beh 1,7,8) hebben het hoogste aantal bloemknoppen. De temperatuurwissel-behandeling 22/19°C van Cambridge en Tropic Snowball verschilt hiervan niet significant en is respectievelijk 5 en 3 dagen sneller. Springtime heeft onder 22/19°C echter wel minder bloemknoppen dan de referentie van 19°C.
- De reden is dat er minder bloemknoppen zijn bij 22°C, is dat er minder bloemtakken zijn. Als alleen de tweetakkers bij Cambridge en Springtime, of alleen de drietakkers bij Tropic Snowball, uit beide temperatuurbehandelingen vergeleken worden, dan vallen de verschillen in aantal bloemknoppen weg (data niet opgenomen in dit rapport).
- De winterlicht-behandelingen 19°C SON-T en LED verschillen niet significant van elkaar. Bij gelijke gewastemperatuur kan er dus met LED-licht in dezelfde tijd een gelijk resultaat behaald worden. Als sturing op gelijke gewastemperatuur achterwege blijft, dan ligt het voor de hand dat planten onder LED-belichting iets trager zullen zijn vanwege de lagere gewastemperatuur.
- De 22°C behandelingen hebben minder bloemen per plant. Cambridge en Springtime krijgen iets vaker het label 'vertakt'. Dit komt waarschijnlijk (mede) door het hogere percentage 1-takkers bij 22°C, welke meer assimilaten per bloemtak tot hun beschikking hebben en daardoor eerder zullen vertakken. Tropic Snowball is in het geheel niet vertakt.
- Bij Tropic Snowball valt nog op dat het aantal aangelegde knoppen (botanisch) niet of nauwelijks verschilt tussen de behandelingen! Dit laat zien dat de behandelingen met minder bloemtakken meer knoppen per bloemtak maken. De ontwikkeling van die knoppen is echter minder gelijkmatig: ze zitten er wel, maar vallen nog niet binnen de veilingdefinitie.

Tabel 9

Effect van diverse behandelingen op het % meertakkers, teeltduur en aantal knoppen op hoofdkam en totaal van *Phalaenopsis* 'Cambridge', 'Springtime' en 'Tropic Snowball' volgens de commerciële telling in experiment 1. Doordat Tropic Snowball geen zijtakken had, is in plaats daarvan het totaal aantal knoppen van de botanische telling weergegeven. Verschillende letters (a, b, c) geven per cultivar statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan ( $n=100-120$ , Fishers LSD,  $\alpha < 0.05$ ). Bij gelijke letters per cultivar is er geen betrouwbaar verschil.

Nr.	behandeling	% twee-takkers	Teeltduur	aantal knoppen op hoofdkam	aantal knoppen totaal	% 'vertakt'
Cambridge						
1	19°C referentie	66% <sup>a</sup>	119	13.0 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>	0.9% <sup>c</sup>
2	22°C referentie	14% <sup>c</sup>	104	9.6 <sup>c</sup>	10.3 <sup>bc</sup>	8.7% <sup>a</sup>
3	3*22°C 5*19°C	61% <sup>a</sup>	114	12.3 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	0.8% <sup>c</sup>
4	3*19°C 5*22°C	31% <sup>b</sup>	109	10.8 <sup>b</sup>	11.0 <sup>b</sup>	2.0% <sup>c</sup>
5	22°C + 2hr rood	10% <sup>c</sup>	105	9.1 <sup>cd</sup>	9.6 <sup>cd</sup>	6.8% <sup>ab</sup>
6	22°C + coating	11% <sup>c</sup>	105	8.8 <sup>d</sup>	9.0 <sup>d</sup>	2.4% <sup>bc</sup>
7	19°C SON-T	68% <sup>a</sup>	119	13.8 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	3.4% <sup>bc</sup>
8	19°C LED	63% <sup>a</sup>	119	12.9 <sup>a</sup>	13.0 <sup>a</sup>	2.0% <sup>c</sup>
Springtime						
1	19°C referentie	63% <sup>a</sup>	118	11.9 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	9.3% <sup>ab</sup>
2	22°C referentie	17% <sup>cd</sup>	104	8.7 <sup>d</sup>	9.4 <sup>c</sup>	6.4% <sup>b</sup>
3	3*22°C 5*19°C	27% <sup>c</sup>	114	9.3 <sup>cd</sup>	10.3 <sup>bc</sup>	15.7% <sup>a</sup>
4	3*19°C 5*22°C	28% <sup>c</sup>	105	9.4 <sup>cd</sup>	9.9 <sup>c</sup>	7.1% <sup>b</sup>
5	22°C + 2hr rood	12% <sup>d</sup>	101	8.6 <sup>d</sup>	9.5 <sup>c</sup>	15.8% <sup>a</sup>
6	22°C + coating	26% <sup>c</sup>	101	9.6 <sup>c</sup>	10.2 <sup>c</sup>	7.3% <sup>b</sup>
7	19°C SON-T	50% <sup>b</sup>	115	10.6 <sup>b</sup>	11.2 <sup>b</sup>	9.5% <sup>ab</sup>
8	19°C LED	49% <sup>b</sup>	114	10.7 <sup>b</sup>	11.2 <sup>b</sup>	9.0% <sup>ab</sup>
Tropic Snowball						
Nr.	behandeling	% 3- of meer takkers	Teeltduur	aantal knoppen op hoofdkam	aantal knoppen totaal (botanisch)	% 'vertakt'
1	19°C referentie	53% <sup>a</sup>	107.0	18.2 <sup>abc</sup>	19.1 <sup>ab</sup>	0.0%
2	22°C referentie	17% <sup>cd</sup>	93.0	16.9 <sup>de</sup>	19.0 <sup>ab</sup>	0.0%
3	3*22°C 5*19°C	30% <sup>b</sup>	104.0	17.8 <sup>bcd</sup>	18.9 <sup>ab</sup>	0.0%
4	3*19°C 5*22°C	23% <sup>bc</sup>	97.0	17.4 <sup>cde</sup>	18.7 <sup>ab</sup>	0.0%
5	22°C + 2hr rood	11% <sup>d</sup>	93.0	16.5 <sup>e</sup>	19.2 <sup>ab</sup>	0.0%
6	22°C + coating	14% <sup>cd</sup>	93.0	16.9 <sup>e</sup>	18.6 <sup>b</sup>	0.0%
7	19°C SON-T	64% <sup>a</sup>	108.0	19.0 <sup>a</sup>	19.7 <sup>a</sup>	0.0%
8	19°C LED	63% <sup>a</sup>	107.0	18.7 <sup>ab</sup>	19.1 <sup>ab</sup>	0.0%

#### Conclusies experiment 1:

- Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?

Temperatuur is een belangrijke stuurfactor om het percentage meertakkers zo hoog mogelijk te laten zijn. De lage temperatuur zorgt er waarschijnlijk voor dat de apicale dominantie van de eerste knoppen laag blijft zodat andere knoppen de kans krijgen uit te lopen. Alleen de resultaten van Cambridge laten zien dat de tweede helft van de koelperiode belangrijker is dan de eerste helft. Het lijkt er dus op dat het aanhouden van 22°C in de eerste drie weken van de koelfase te lang is voor Springtime en Tropic Snowball, terwijl dit voor Cambridge wel mogelijk is. Cambridge is inderdaad de traagste uitloper (zie ook foto's in Tabel 13). In experiment 2 is daarom deze behandeling herhaald met een kortere tijdsduur bij 22°C.

- Kan met LED-belichting in plaats van SON-T belichting in een winter-situatie een gelijk aantal bloemtakken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd?

Belichting met LED-lampen in plaats van SON-T lampen tijdens de koeling (19°C) geeft, bij sturing op gelijke gewastemperatuur, net zo veel meertakkers. Dit betekent dat er in de winter energiezuiniger kan worden belicht omdat het energieverbruik van LED-lampen (2.7  $\mu\text{mol/joule}$ ) lager is dan van SON-T lampen (1.85  $\mu\text{mol/joule}$ ). Dit geeft een aanzienlijke besparing (31%) op het energieverbruik van de belichting. Bovendien kan in periodes dat er belicht en tevens actief gekoeld wordt (najaar/voorjaar) met LED-belichting extra voordeel behaald worden omdat er dan minder lampwarmte weg gekoeld hoeft te worden. In de proef is gemiddeld 8 uur per etmaal bij belicht met de lampen met gemiddeld 4  $\text{mol/m}^2$  lamplicht en 3,2  $\text{mol/m}^2$  natuurlijk licht per etmaal. Dit is minder uren belichting dan op donkere dagen midden in de winter in de praktijk.

- Bevordert rood stuurlicht het aantal takken per plant?

Zoals eerder aangegeven was er bij behandeling 6 te weinig effect op het spectrum en is er bij behandeling 5 mogelijk nog schemerlicht met een hoog percentage verrood in de kas gekomen nadat de rode LED-lampen uit waren aan het einde van de dag. Hierdoor kan er over het effect van deze behandelingen nog geen duidelijke uitspraak worden gedaan. De beide winterlicht-behandelingen (behandeling 7 en 8) waren met een hoge rood/verrood verhouding belicht. Dit leverde bij 19°C niet meer bloemtakken op (geen meerwaarde ten opzichte van de referentie bij 19°C). Dit laat zien dat als er voldoende gekoeld wordt, het lichtspectrum niets meer toevoegt. Dit komt overeen met de resultaten in de proef van 2014 (Dueck *et al.* 2014).

## 3.2 Resultaten experiment 2

Naar aanleiding van de resultaten van experiment 1 zijn de behandelingen in experiment 2 bijgesteld. De behandelingsnummers in onderstaande Tabellen corresponderen dus niet met de behandelingsnummers in experiment 1. De belangrijkste wijzigingen zijn:

- Bij de wisselbehandeling: koelperiode starten met 2 in plaats van 3 weken 22°C. De tegengestelde temperatuurwissel-behandeling is vervallen.
- Rood licht einde dag, 3 uur in plaats van 2 uur lampen aan, tevens gingen lampen pas uit nadat het volledig donker was (1,5 uur na zononder).
- De coatingsbehandeling is gewijzigd in de hele dag in verhouding meer rood licht met behulp van LED-lampen, zodat de rood/verrood verhouding de hele dag hoger lag.
- De winterlichtbehandelingen zijn vervangen door twee korte dag behandelingen.

De koelbehandelingen van experiment 2 zijn uitgevoerd van 20 juni t/m 14 augustus en alle behandelingen zijn onder gelijke omstandigheden afgekweekt. Tabel 10 geeft de hoofdresultaten weer van experiment 2. De volgende zaken vallen op:

- Het percentage meertakkers is bij de 19°C behandelingen hoger dan bij de 22°C-behandelingen.
  - Het percentage meertakkers bij de temperatuurwissel-behandeling met in eerste 2 weken 22°C verschilt niet significant met de referentie van 8 weken 19°C voor Cambridge en Springtime, maar is bij Tropic Snowball (snellere cultivar, zie Foto 4) significant lager dan bij de referentie met 8 weken 19°C.
  - geen effect van rood licht bij 19°C.
  - geen effect van korte dag bij 19°C.

- Bij 22°C is er ook geen gunstig effect van rood licht of korte dag op het percentage meertakkers. Bij Cambridge zijn er zelfs minder meertakkers bij rood licht, hier is geen aanwijsbare reden voor. Mogelijk zijn de resultaten bij Cambridge beïnvloed door aantasting van potworm. In de geleverde planten van deze cultivar zijn namelijk potwormen en schade aan de wortels geconstateerd.

Tabel 10

*Effect van diverse behandelingen op het % meertakkers bij Phalaenopsis 'Cambridge' 'Springtime' en 'Tropic Snowball' in experiment 2. Verschillende letters (a, b, c) geven per cultivar statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan (commerciële telling, n=120-140, Fishers LSD,  $\alpha < 0.05$ ). Bij gelijke letters per cultivar is er geen betrouwbaar verschil.*

Nr.	behandeling	Cambridge % tweetakkers	Springtime % tweetakkers	Tropic Snowball % drie of meertakkers
1	19°C referentie	73% <sup>a</sup>	80% <sup>ab</sup>	71% <sup>ab</sup>
2	22°C negatieve referentie	38% <sup>b</sup>	49% <sup>c</sup>	16% <sup>d</sup>
3	2*22°C 6*19°C	76% <sup>a</sup>	69% <sup>b</sup>	55% <sup>c</sup>
4	19°C +3 uur rood licht	67% <sup>a</sup>	79% <sup>ab</sup>	75% <sup>a</sup>
5	22°C +3 uur rood licht	16% <sup>d</sup>	45% <sup>c</sup>	17% <sup>d</sup>
6	22°C + rood hele dag	4% <sup>e</sup>	42% <sup>c</sup>	21% <sup>d</sup>
7	19°C + 12 uur licht	68% <sup>a</sup>	85% <sup>a</sup>	62% <sup>bc</sup>
8	22°C + 12 uur licht	26% <sup>c</sup>	48% <sup>c</sup>	19% <sup>d</sup>



**Foto 4** Bloemtakuitloop bij Tropic Snowball 14 dagen na start koeling op het moment dat bij de temperatuurwissel-behandeling de temperatuur van 22°C verlaagd werd naar 19°C. Bij Cambridge en Springtime waren toen nog geen doorgebroken knoppen zichtbaar (foto 4 juli 2016).

Tabel 11 bevat de gegevens van de teeltduur en de bloemknoptellingen per cultivar. De volgende zaken zijn van belang:

Cambridge:

- De temperatuurwissel-behandeling is 4 dagen sneller, terwijl de kwaliteit hetzelfde is in vergelijking met de referentie van 8 weken 19°C.
- Bij 22°C zijn er minder bloemknoppen per plant. De reden is dat er minder bloemtakken zijn. Als de tweetakkers uit beide partijen vergeleken worden, vallen de verschillen weg (Tabel 12). Dit geldt ook voor Springtime en Tropic Snowball.

#### Springtime:

- De temperatuurwisselbehandeling is 3 dagen sneller. Het aantal bloemtakken was niet significant lager ten opzichte van de 19°C referentie, maar de wisselbehandeling ging wel ten koste van één bloem.
- Onder 19°C met 12 uur daglengte zijn de planten drie dagen trager, de kwaliteit is hetzelfde.
  - Mogelijk is de planttemperatuur toch wat koeler geweest dan bij de referentie ondanks sturing op een gelijke planttemperatuur. Tevens is deze partij iets rijper geteld.

#### Tropic Snowball:

- Bij 19°C weinig verschil in aantal bloemknoppen. Het lagere aantal bloemknoppen bij 22°C komt door minder bloemtakken. Bij vergelijking van alleen drietakkers vallen de verschillen namelijk weg (Tabel 12).

**Tabel 11**

*Effect van diverse behandelingen op het % meertakkers, teeltduur en aantal bloemknoppen bij Phalaenopsis 'Cambridge', 'Springtime' en 'Tropic Snowball' in experiment 2. Verschillende letters (a, b, c) geven per cultivar statistisch significante verschillen tussen de gemiddelden aan (n=120-140, Fishers LSD,  $\alpha < 0.05$ ). Bij gelijke letters is er geen betrouwbaar verschil.*

Nr	behandeling	% meer-takkers	Teeltduur	aantal bloemknop hoofdkam	aantal bloemknop totaal	bloemknop totaal botanisch	% 'vertakt'
<b>Cambridge</b>							
1	19°C referentie	73% <sup>a</sup>	119	13.0 <sup>a</sup>	13.0 <sup>ab</sup>	16.3 <sup>a</sup>	0.0% <sup>b</sup>
2	22°C referentie	38% <sup>b</sup>	104	10.5 <sup>c</sup>	10.6 <sup>d</sup>	13.8 <sup>c</sup>	0.0% <sup>b</sup>
3	2*22°C 6*19°C	76% <sup>a</sup>	115	12.9 <sup>ab</sup>	12.9 <sup>bc</sup>	16.8 <sup>a</sup>	0.7% <sup>ab</sup>
4	19°C +3 uur rood licht	67% <sup>a</sup>	119	12.2 <sup>b</sup>	12.2 <sup>c</sup>	14.9 <sup>b</sup>	0.8% <sup>ab</sup>
5	22°C +3 uur rood licht	16% <sup>d</sup>	105	8.7 <sup>de</sup>	8.8 <sup>e</sup>	11.9 <sup>d</sup>	0.7% <sup>ab</sup>
6	22°C + rood hele dag	4% <sup>e</sup>	105	8.4 <sup>e</sup>	8.5 <sup>e</sup>	10.9 <sup>e</sup>	1.4% <sup>ab</sup>
7	19°C + 12 uur licht	68% <sup>a</sup>	122	13.5 <sup>a</sup>	13.6 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	2.2% <sup>a</sup>
8	22°C + 12 uur licht	26% <sup>c</sup>	105	9.1 <sup>d</sup>	9.2 <sup>e</sup>	13.1 <sup>c</sup>	0.0% <sup>b</sup>
<b>Springtime</b>							
1	19°C referentie	80% <sup>ab</sup>	117	13.8 <sup>ab</sup>	14.1 <sup>ab</sup>	15.8 <sup>ab</sup>	6.5% <sup>a</sup>
2	22°C referentie	49% <sup>c</sup>	100	9.5 <sup>e</sup>	9.6 <sup>e</sup>	12.6 <sup>c</sup>	0.8% <sup>b</sup>
3	2*22°C 6*19°C	69% <sup>b</sup>	114	12.8 <sup>c</sup>	12.9 <sup>c</sup>	15.2 <sup>b</sup>	2.3% <sup>b</sup>
4	19°C +3 uur rood licht	79% <sup>ab</sup>	117	13.3 <sup>bc</sup>	13.5 <sup>bc</sup>	14.8 <sup>b</sup>	3.1% <sup>ab</sup>
5	22°C +3 uur rood licht	45% <sup>c</sup>	102	10.0 <sup>de</sup>	10.1 <sup>de</sup>	12.9 <sup>c</sup>	0.8% <sup>b</sup>
6	22°C + rood hele dag	42% <sup>c</sup>	102	9.7 <sup>de</sup>	9.8 <sup>de</sup>	12.5 <sup>c</sup>	2.7% <sup>ab</sup>
7	19°C + 12 uur licht	85% <sup>a</sup>	120	14.3 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	16.4 <sup>a</sup>	3.9% <sup>ab</sup>
8	22°C + 12 uur licht	48% <sup>c</sup>	104	10.5 <sup>d</sup>	10.8 <sup>d</sup>	13.1 <sup>c</sup>	3.4% <sup>ab</sup>



Nr	behandeling	% meer- takkers	Teeltduur	aantal bloemknop hoofdkam	aantal bloemknop totaal	bloemknop totaal botanisch	% 'vertakt'
Tropic Snowball							
1	19°C referentie	71% <sup>ab</sup>	104	19.6 <sup>b</sup>	19.6 <sup>b</sup>	20.9 <sup>a</sup>	0.0% <sup>b</sup>
2	22°C referentie	16% <sup>d</sup>	89	16.2 <sup>d</sup>	16.3 <sup>d</sup>	17.8 <sup>b</sup>	0.0% <sup>b</sup>
3	2*22°C 6*19°C	55% <sup>c</sup>	102	17.7 <sup>c</sup>	17.7 <sup>c</sup>	20.4 <sup>a</sup>	0.0% <sup>b</sup>
4	19°C +3 uur rood licht	75% <sup>a</sup>	106	20.7 <sup>a</sup>	20.7 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>	0.0% <sup>b</sup>
5	22°C +3 uur rood licht	17% <sup>d</sup>	92	15.9 <sup>d</sup>	15.9 <sup>d</sup>	17.6 <sup>b</sup>	0.9% <sup>a</sup>
6	22°C + rood hele dag	21% <sup>d</sup>	90	16.2 <sup>d</sup>	16.2 <sup>d</sup>	17.7 <sup>b</sup>	0.0% <sup>b</sup>
7	19°C + 12 uur licht	62% <sup>bc</sup>	106	19.5 <sup>b</sup>	19.5 <sup>b</sup>	20.1 <sup>a</sup>	0.0% <sup>b</sup>
8	22°C + 12 uur licht	19% <sup>d</sup>	92	16.3 <sup>d</sup>	16.3 <sup>b</sup>	18.1 <sup>b</sup>	0.0% <sup>b</sup>

In Tabel 12 is het aantal bloemknoppen van experiment 2 weergegeven maar dan geselecteerd op alleen tweetakkers (Cambridge en Springtime) en alleen drietakkers (Tropic Snowball). De overall conclusie is dat de planten dan niet of nauwelijks van kwaliteit verschillen. Verschillen in aantal bloemknoppen in Tabel 11 worden dus primair veroorzaakt door verschil in percentage meertakkers. Kleine verschillen die dan overblijven worden veroorzaakt doordat er soms iets rijper is geteld. Rijper tellen heeft geen invloed op de botanische telling maar natuurlijk wel op de commerciële telling.

Tabel 12



















*Effect van diverse behandelingen op het aantal bloemknoppen van alleen tweetakkers van Phalaenopsis 'Cambridge' en 'Springtime' en van alleen drietakkers van 'Tropic Snowball' in experiment 2.*

Nr	behandeling	% meer- takkers	Aantal planten	aantal bloemknop hoofdkam	aantal bloemknop totaal	bloemknop totaal botanisch	% 'vertakt'
Cambridge, tweetakkers							
1	19°C referentie	73% <sup>a</sup>	95	14.7	14.7	18.3	0%
2	22°C referentie	38% <sup>b</sup>	53	14.2	14.2	17.7	0%
3	2*22°C 6*19°C	76% <sup>a</sup>	105	14.5	14.5	18.5	0%
4	19°C +3 uur rood licht	67% <sup>a</sup>	89	14.2	14.2	17.1	0%
5	22°C +3 uur rood licht	16% <sup>d</sup>	23	14.3	14.3	18.1	0%
6	22°C + rood hele dag	4% <sup>e</sup>	6	14.2	14.2	16.3	0%
7	19°C + 12 uur licht	68% <sup>a</sup>	91	15.7	15.7	18.7	0%
8	22°C + 12 uur licht	26% <sup>c</sup>	34	13.3	13.3	17.7	0%

Nr	behandeling	% meer- takkers	Aantal planten	aantal bloemknop hoofdkam	aantal bloemknop totaal	bloemknop totaal botanisch	% 'vertakt'
Springtime, tweetakkers							
1	19°C referentie	80% <sup>ab</sup>	99	15.4	15.6	17.5	7.1%
2	22°C referentie	49% <sup>c</sup>	65	12.3	12.3	15.7	1.5%
3	2*22°C 6*19°C	69% <sup>b</sup>	92	15.0	15.1	17.6	1.1%
4	19°C +3 uur rood licht	79% <sup>ab</sup>	103	14.7	14.8	16.1	0.0%
5	22°C +3 uur rood licht	45% <sup>c</sup>	53	13.7	13.9	17.3	1.9%
6	22°C + rood hele dag	42% <sup>c</sup>	47	13.2	13.2	16.6	0.0%
7	19°C + 12 uur licht	85% <sup>a</sup>	108	15.4	15.7	17.6	3.7%
8	22°C + 12 uur licht	48% <sup>c</sup>	56	14.0	14.0	16.8	0.0%
Tropic Snowball, drietakkers							
1	19°C referentie	71% <sup>ab</sup>	70	20.6	20.6	21.9	0.0%
2	22°C referentie	16% <sup>d</sup>	16	20.7	20.7	22.1	0.0%
3	2*22°C 6*19°C	55% <sup>c</sup>	51	19.6	19.6	22.2	0.0%
4	19°C +3 uur rood licht	75% <sup>a</sup>	45	20.2	20.2	20.5	0.0%
5	22°C +3 uur rood licht	17% <sup>d</sup>	19	19.5	19.5	19.9	0.0%
6	22°C + rood hele dag	21% <sup>d</sup>	24	19.8	19.8	21.0	0.0%
7	19°C + 12 uur licht	62% <sup>bc</sup>	55	20.9	21.0	21.5	0.0%
8	22°C + 12 uur licht	19% <sup>d</sup>	23	21.0	21.0	22.1	0.0%

Tabel 13

*Takuitloop van Cambridge (links), Springtime (midden) en Tropic Snowball (rechts) op 26 juli 2016, vijf weken na start van de koelbehandelingen in experiment 2. Duidelijk is te zien dat Tropic Snowball het snelste en Cambridge het traagste is met de bloemtak-uitloop.*

	Cambridge	Springtime	Tropic Snowball
Behandeling 1 Kas 1.02: 8 weken 19°C			
Behandeling 2 Kas 1.03: 8 weken 22°C			
Behandeling 3 Kas 1.01: 2 weken 22°C, 6 weken 19°C			
Behandeling 4 Kas 1.04: 8 weken 19°C en 3 uur rood licht einde dag			
Behandeling 5 Kas 1.05: 8 weken 22°C en 3 uur rood licht einde dag			
Behandeling 6 Kas 1.06: 8 weken 22°C en 15 uur rood licht			

	Cambridge	Springtime	Tropic Snowball
Behandeling 7 Kas 1.08: 8 weken 19°C en 12 uur daglengte			
Behandeling 8 Kas 1.07: 8 weken 22°C en 12 uur daglengte			

#### Conclusies takuitloop experiment 2:

- Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?

Ook bij experiment 2 kan geconcludeerd worden dat temperatuur een belangrijke stuurfactor is om het percentage meertakkers zo hoog mogelijk te laten zijn. De lage temperatuur zorgt er waarschijnlijk voor dat de apicale dominantie van de eerste knoppen laag blijft, zodat andere knoppen de kans krijgen om uit te lopen. De resultaten bij de temperatuurwissel-behandeling laten zien dat de tweede periode van de koelperiode belangrijker is dan de eerste periode: Cambridge en Springtime bij 2 weken 22°C/6 weken 19°C verschillen statistisch gezien niet van de referentie met 8 weken 19°C. Het verkorten van de 22°C-periode van drie naar twee weken werkt dus positief. Het percentage meertakkers bij Tropic Snowball was nog wel lager dan de referentie, dus het aanhouden van 22°C in de eerste twee weken van de koelfase is voor Tropic Snowball nog te lang. Tropic Snowball is ook de snelste uitloper (foto 4 en Tabel 13): hoe sneller de takken uitlopen, hoe eerder de dominantie van de eerst ontwikkelende knoppen onderdrukt moet worden om latere bloemtak-knoppen te laten uitlopen. De cultivar-afhankelijkheid van de periode aan het begin van de koelfase waarin minder extreem gekoeld hoeft te worden maakt praktijktoepassing in de huidige teeltsystemen, met veel cultivars in één kas, lastig.

- Effect van rood licht

Drie uur rood licht bij 19°C voegt niets toe ten opzichte van de 19°C referentie. Ook bij 22°C (behandeling 5) had 3 uur rood licht geen meerwaarde ten opzichte van de 22°C referentie. Een korte periode rood licht aan het begin van de nacht is dus niet zinvol. Op basis van de resultaten van de eerdere proef (Dueck *et al.* 2014) werd wel een effect verwacht van de behandeling waarin gedurende de gehele fotoperiode met rood licht werd bijbelicht (behandeling 6). Waarschijnlijk is de verhoging in de rood/verrood-verhouding in behandeling 6 nog niet voldoende geweest om de gewenste reactie te bewerkstelligen. In deze behandeling was de gemiddelde PSS over de dag ~0.79, terwijl de proef uit 2014 in een PSS van 0.85 resulteerde. Zo'n hoge PSS creëren door het toevoegen van veel meer rood licht is in de huidige praktijk in de zomer niet haalbaar en qua energieverbruik ongewenst. Ook fotoselectieve coatings of schermen die verrood licht zo effectief kunnen wegfilteren met behoud van voldoende PAR-transmissie, zijn voorlopig nog niet beschikbaar. Wellicht in de toekomst wel. Een praktische strategie om minder te koelen door sturing op een veel hogere rood/verrood verhouding is er dus (nog) niet voor een kasteelt. Als in de toekomst in de koelfase daglichtloos geteeld gaat worden, dan is lichtspectrum wel degelijk een aandachtspunt (zie energieberekeningen voor daglichtloos koelen in hoofdstuk 4).

- Effect korte dag

Bij een temperatuur van 19°C voegt een verkorting van de daglengte naar 12 uur in de zomer niets toe ten opzichte van de referentie. Dit geldt ook voor 22°C. Hierbij merken we nogmaals op dat er gestuurd is op gelijke bladtemperatuur. Dat neemt dus niet weg dat in de praktijk er mogelijk energiezuiniger gekoeld kan worden bij een kortere dag. Daglengteverkorting in de praktijk in de zomer zal een lagere planttemperatuur geven, wat bij onvoldoende koelcapaciteit gunstig kan zijn voor het percentage meertakkers. Daglengteverkorting fungeert dan meer als klimaatbeheersingsmaatregel om de gemiddelde planttemperatuur te verlagen.



## 4 Berekeningen energieverbruik

Omdat de uitgevoerde behandelingen met rood licht en kortere daglengte geen meerwaarde hebben voor de praktijk, was het niet zinvol om energieberekeningen uit te voeren voor deze behandelingen. Omdat de sturing op een hoger percentage meertakkers door middel van een hoge rood/verrood ratio mogelijk wel zin heeft in een teelt zonder daglicht (meerlagen-systeem) zijn met de uitgangspunten in paragraaf 4.1., energieberekeningen uitgevoerd voor een situatie met daglichtloos koelen. De resultaten van die energieberekeningen zijn weergegeven in paragraaf 4.2. Voor een aantal cultivars is gebleken dat het mogelijk is om in de eerste twee weken van de koeling een hogere temperatuur (22°C) aan te houden zonder nadelige effecten op het percentage meertakkers. Om inzicht te geven in het effect op het energieverbruik, is ook voor deze situatie het energieverbruik doorgerekend. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in paragraaf 4.3. Omdat voor sommige cultivars twee weken 22°C nog te lang was, is praktijktoepassing in de huidige teeltsystemen met veel cultivars in één kas echter lastig.

### 4.1 Uitgangspunten energieberekeningen

Het energiegebruik zal bij verschillende combinaties van teeltmethoden variëren. Om het verrood geheel uit het spectrum weg te filteren wordt de koelfase verplaatst naar een teeltcel waar geen daglicht toetreedt. In deze teeltcel, die wel geheel geconditioneerd moet worden, zal de koelduur mogelijk met 14 dagen kunnen worden ingekort (als de koelfase bij 22°C in plaats van 19°C uitgevoerd wordt), wat dan weer energiewinst op zal leveren per geteelde pot. Immers door een verkorting van de teeltduur zijn er per m<sup>2</sup> kas per jaar meer potten te telen. Om bij verschillende teeltduren een goede vergelijking in het energieverbruik te kunnen maken is daarom het energieverbruik per pot berekend. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van een 3-tal cases voor de koeling (1:3) die vervolgens in verschillende combinaties met opkweek (1 & 2) en afkweek doorgerekend zullen worden.

1. Koeling referentie:  
8 weken (56 dagen) koeling met een molstreefwaarde van 8 mol/m<sup>2</sup>/dag, een daglengte van 15 uur bij een temperatuur dag en nacht van 19°C. Voor de belichting wordt SON-T gebruikt met een efficiency van 1.85 µmol/J, er is 140 µmol/m<sup>2</sup>.s geïnstalleerd<sup>1)</sup>. Daarnaast is er uiteraard ook gewoon daglicht voor de planten aanwezig. Er is één teeltlaag in de kas aanwezig met een plantdichtheid van 45 plant/m<sup>2</sup>.
2. Koeling in teeltcel 22°C:  
6 weken (42 dagen) koeling met een molstreefwaarde van 8 mol/ m<sup>2</sup>/dag, een daglengte van 15 uur bij een temperatuur dag en nacht van 22°C. Voor de belichting wordt LED gebruikt met een efficiency van 2.5 µmol/J, er is 148 µmol/m<sup>2</sup>.s geïnstalleerd. Doordat de teelt in een klimaatcel plaatsvindt, is er voor de planten geen daglicht beschikbaar. In de teeltcel zijn meerdere teeltlagen aanwezig met een plantdichtheid van 45 plant/m<sup>2</sup>.
3. Koeling in teeltcel 19°C:  
Deze case is geheel gelijk aan de koeling in teeltcel 22°C, alleen is de temperatuur teruggebracht tot de standaard 19°C die voor de koeling (referentie) wordt aangehouden en is er geen verkorting van de teeltduur in deze fase.
4. Opkweek 1 & opkweek 2:  
Omdat deze fase zo warm geteeld wordt (dag en nacht 28°C) is ervoor gekozen deze kas met dubbelglas uit te rusten. Van half september tot half april kan er met 140 µmol/m<sup>2</sup>.s belicht worden voor in totaal 17 uur. Als de mol streefwaarde van 8 bereikt is zullen de lampen worden afgeschakeld. Het verschil tussen opkweek 1 en opkweek 2 is dat de plantdichtheid na 119 dagen van 80 naar 60 planten/m<sup>2</sup> wordt teruggebracht.
5. Afkweek:  
De afkweek kent een duur van 70 dagen. Ook hier is de molstreefwaarde 8 mol/dag, een daglengte van 15 uur bij een dagtemperatuur van 22°C en een nachttemperatuur van 20°C. Voor de belichting wordt SON-T gebruikt met een efficiency van 1.85 µmol/J, er is 140 µmol/m<sup>2</sup>.s geïnstalleerd. Daarnaast is er uiteraard ook gewoon daglicht voor de planten aanwezig. Er is één teeltlaag in de kas aanwezig met een plantdichtheid van 45 plant/m<sup>2</sup>.

1) De 140 micromol is voor de praktijk aan de hoge kant, echter om een eerlijk vergelijk met de teeltcel te maken waar iedere dag 8 mol wordt belicht, moet ook de referentie onder alle omstandigheden een lichtsom van 8 mol/dag kunnen bereiken.

Watergift en vochtbeheersing hebben een grote invloed op het energiegebruik. Voor deze berekeningen is aangenomen dat in alle cases iedere 5° dag is watergegeven en dat vervolgens een vochtsetpoint van rond de 77% is aangehouden. In Tabel 14 zijn de lengten van de teeltperioden en de bijbehorende plantdichtheden nogmaals samengevat.

Tabel 14

*Lengte van de teeltperiode en de bijbehorende plantdichtheid voor de verschillende teeltfasen voor de energieberekeningen.*

Fase	Teeltduur in dagen (weken)	Plantdichtheid (pot/m <sup>2</sup> )
Opkweek 1	119 (17)	80
Opkweek 2	77 (11)	60
Koeling referentie	56 (8)	45
Koeling in cel bij 22oC	56-14 (6)	45
Koeling in cel bij 19oC	56 (8)	45
Afkweek	70 (10)	45

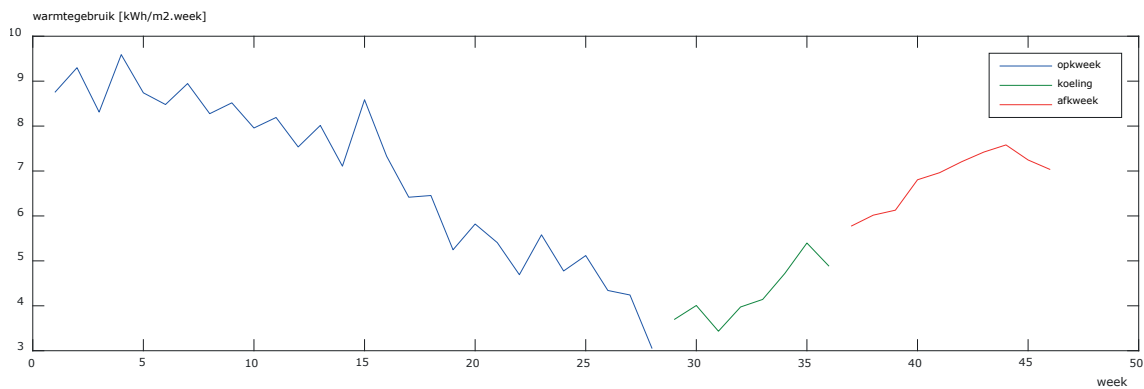
De volgende opkweek, koeling & afkweek combinaties zijn uiteindelijk gecombineerd:

- Referentie case: Opkweek 1 & 2, Koeling referentie & Afkweek.
- Koelcel 19 case: Opkweek 1 & 2, Koeling in teeltcel 19°C & Afkweek.
- Koelcel 22 case: Opkweek 1 & 2, Koeling in teeltcel 22°C & Afkweek.

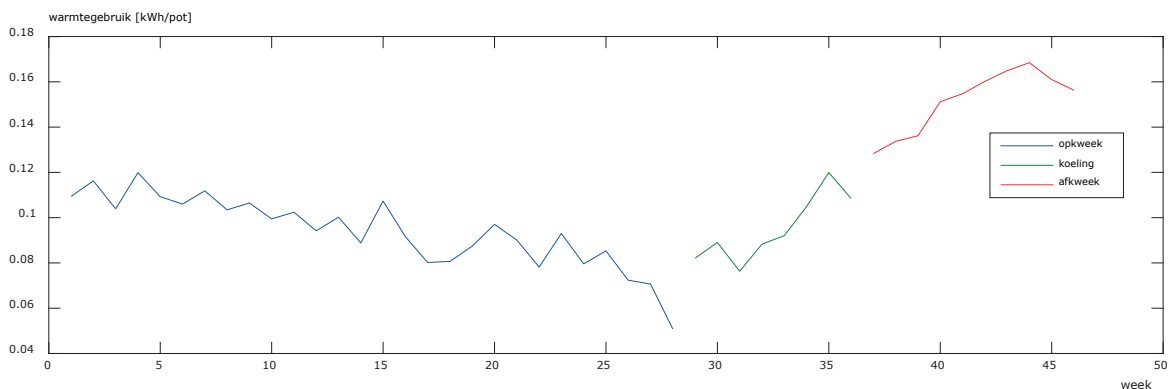
Opkweek 1 & 2, koeling referentie en afkweek worden in een glazen kas van 4 ha. uitgevoerd. Op de dagen dat het te warm wordt en de gewenste temperatuur in de koeling referentie wordt overschreden, wordt in deze fase mechanisch met een warmtepomp gekoeld. Dat gebeurt op ca. 90 dagen per jaar zodat op deze dagen van een 'gesloten kas' kan worden gesproken. Bij de koeling in de teeltcel, die verondersteld wordt als een goed geïsoleerde cel die in een gebouwde omgeving staat met een constant klimaat, zodat de cel weinig invloed van zijn omgeving heeft, zijn er twee belangrijke wijzigingen ten opzichte van de teelt in een gewone kas. Ten eerste is er geen lichttoetreding van de zon, zodat al het licht met lampen moet worden ingebracht en ten tweede moet door de isolerende werking van de cel vrijwel alle met de lampen geproduceerde warmte er ook weer uitgekoeld worden. Daarbij zijn 2 stappen te onderscheiden, ontvochtiging en koeling die grotendeels complementair zijn. Ook deze ontvochtiging en koeling geschieden met koude die via een warmtepomp wordt opgewekt. Bij dit proces komt warmte vrij. Het deel van de warmte die de warmtepomp produceert die niet nodig is voor de teeltcel, is gebruikt voor de verwarming van de andere teeltfasen.

## 4.2 Energieverbruik bij daglichtloos koelen

De Phalaenopsisteelt kenmerkt zich door een dagelijkse planting in de opkweek1 en een dagelijkse oogst van afleverbare planten vanuit de afkweek. Een plant die op 1 mei wordt opgepot wordt na 196 dagen (=28 weken) in de referentie koelfase geplaatst (14 november). In dat deel van het jaar hoeft de referentie koelfase niet mechanisch gekoeld te worden, met natuurlijke ventilatie is het gewenste klimaat te handhaven. Planten die op 1 mei zijn opgezet hebben dus geen elektriciteit nodig voor de koeling en ontvochtiging. Daar tegenover staat dat deze planten meer elektriciteit voor belichting zullen gebruiken omdat ze de volledige winter belicht moeten worden, ze zijn immers pas rond eind maart aflever klaar. Op deze manier is voor alle startdagen in het jaar het warmteverbruik en elektraverbruik voor koeling, belichting en ontvochtiging berekend voor een gehele teelt (opkweek, koeling en afkweek). In Figuur 1 is het warmteverbruik voor een teelt gestart op 1 januari weer gegeven. Omdat de plantdichtheid per teeltfase verschilt, zijn de verbruiken per m<sup>2</sup> van Figuur 11 omgerekend naar warmteverbruik per pot in Figuur 12.



**Figuur 11** Warmteverbruik ( $\text{kWh}/\text{m}^2.\text{week}$ ) voor een teelt gestart op 1 januari.



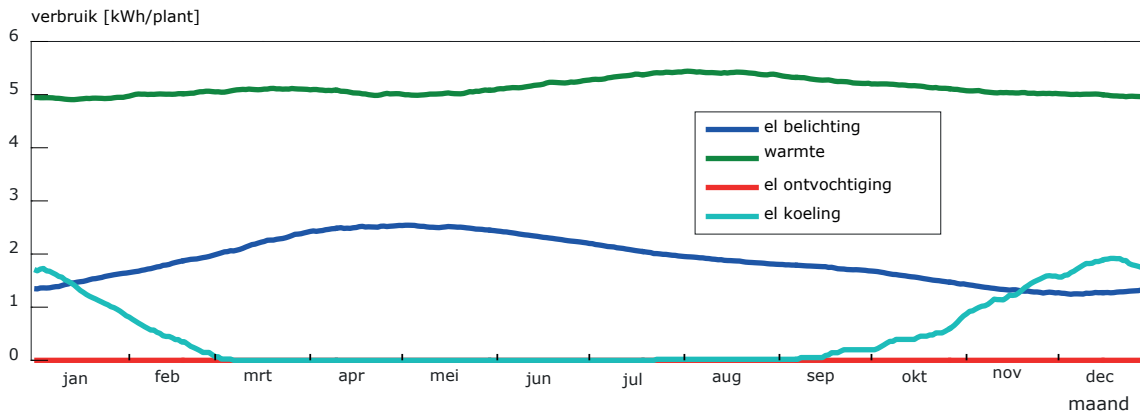
**Figuur 12** Warmteverbruik ( $\text{kWh}/\text{pot}$ ) per pot voor een teelt gestart op 1 januari.

Een plant die op 1 januari is opgezet zal in totaal voor de gehele teelt (opkweek + koeling + afkweek) ca. 1.3 kWh gebruiken voor de belichting, ca. 1.8 kWh voor de koeling en ca. 5 kWh voor de verwarming. Op deze manier is voor elke dag van het jaar het warmteverbruik berekend voor een teelt gestart op die dag in het jaar. In Figuur 13 zijn alle totale energiegebruiken per pot per oppotdatum van de referentiecasse inzichtelijk gemaakt. Gemiddeld over het hele jaar verbruikt een pot die deze opeenvolgende stappen in de teelt doorloopt 1.89 kWh voor belichting, 5.13 kWh voor de verwarming en 0.45 kWh voor de koeling (zie Tabel 15).

In tegenstelling tot wat mogelijk verwacht zou worden, is er in Figuur 13 geen dip in de warmtevraag bij oppotten in het voorjaar. Dit komt door 2 mechanismen die dit uitvlakken:

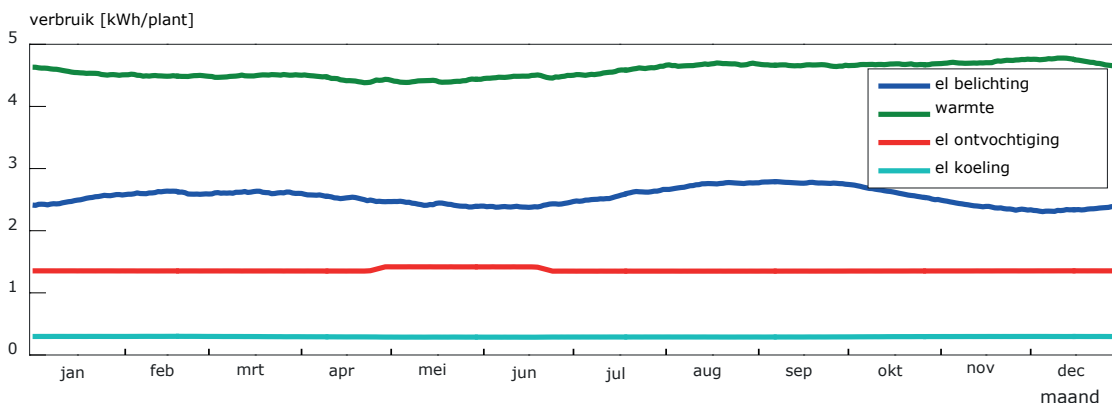
- De berekeningen voor de opkweek zijn uitgevoerd voor een kasafdeling met een geïsoleerd kasdek wat het energiegebruik dicht bij het energieverbruik van de koeling/afkweek brengt die is uitgevoerd in een enkeldeks kas (zie Figuur 11 voor het verbruik per  $\text{m}^2$  voor warmte in de tijd bij oppotten op 1 januari).
- Figuur 13, 14 en 15 zijn gemaakt per plant en dan gaat de plantdichtheid nog een rol spelen die de grafiek afvlakt (zie omrekening van verbruik per  $\text{m}^2$  naar verbruik per pot van Figuur 11 naar Figuur 12). In Figuur 13 met de somming van het totale verbruik van een teelt per oppotdatum blijft dan weinig variatie in de tijd over.



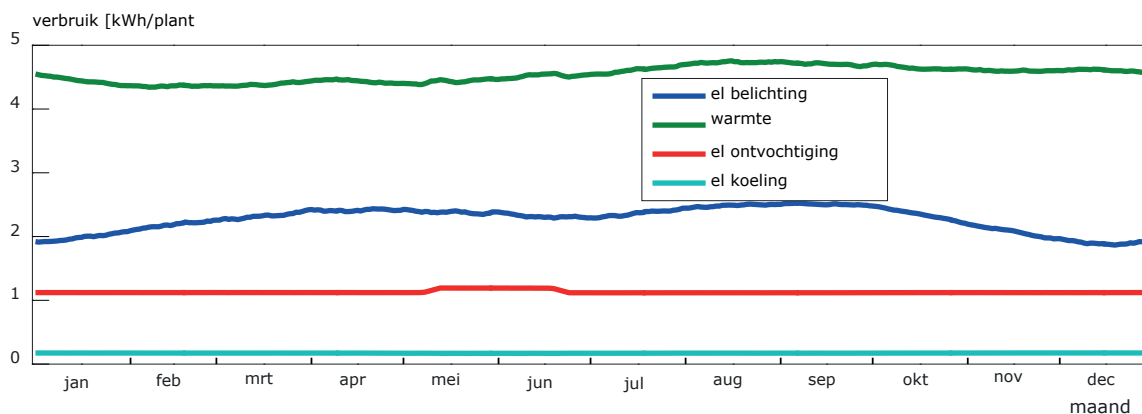


**Figuur 13** Verbruik aan elektriciteit voor de belichting, ontvochtiging en koeling (voor koelfase, niet voor afkweekfase) en het gebruik aan warmte per pot voor een gehele teelt voor de referentie case afhankelijk van de oppotdatum.

Op vergelijkbare manier als voor de referentie case (Figuur 13) is in Figuur 14 en 15 ook het energiegebruik per pot per oppotdatum weergegeven voor respectievelijk koelen in klimaatcel op 19°C en koelen in klimaatcel op 22°C. In de teeltcel wordt onderscheid gemaakt tussen elektriciteitsgebruik voor de ontvochtiging en voor de koeling maar uiteindelijk zullen deze worden opgeteld. Doordat de koelcel goed geïsoleerd is en weinig invloeden van buitenaf kent, is het elektriciteitsgebruik voor koelen en ontvochtigen vrijwel onafhankelijk van de datum van het oppotten. Deze isolatie zorgt er ook voor dat er slechts marginale verschillen zijn in het energiegebruik tussen de case koelcel 19°C en koelcel 22°C. In Tabel 15 is voor de 3 cases voor de afzonderlijke energieverbruikers het elektriciteitsgebruik per pot gegeven zonder rekening te houden met wat er in het ketelhuis gebeurt. Zo is er nog geen rekening gehouden met de vrijkomende warmte uit de warmtepomp bij de productie van koude voor het ontvochtigen en koelen.



**Figuur 14** Verbruik aan elektriciteit voor de belichting, ontvochtiging en koeling en het gebruik aan warmte per pot voor een gehele teelt voor de koelcel 19°C case afhankelijk van de oppotdatum.



**Figuur 15** Verbruik aan elektriciteit voor de belichting, ontvochtiging en koeling en het gebruik aan warmte per pot voor een gehele teelt voor de koelcel 22°C case afhankelijk van de oppotdatum.

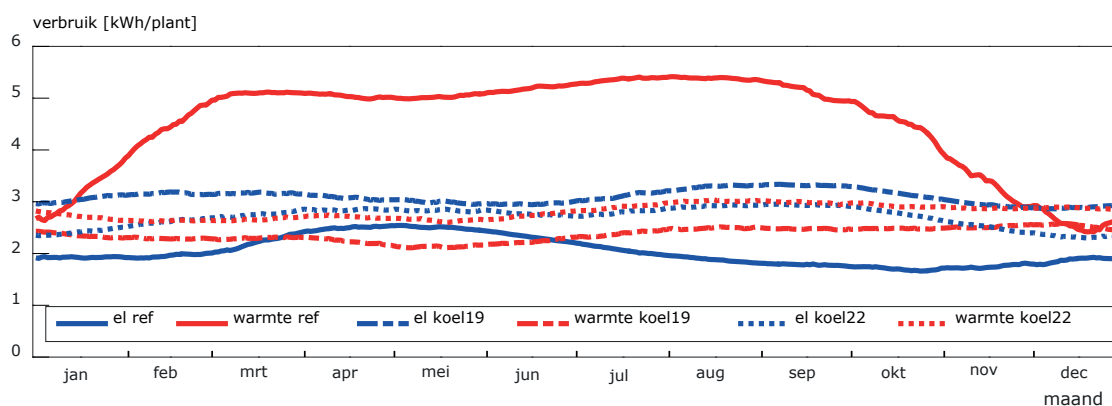
Tabel 15

Energiegebruik per pot voor de gehele teelt van belichting, verwarming, koeling en ontvochtiging voor de referentie, koelcel 19°C en koelcel 22°C case.

Case	Belichting (kWh)	Warmte (kWh)	Ontvochtiging (kWh)	Koeling (kWh)	Totaal* (kWh)
Referentie	1.89	5.13	0.00	0.45	7.47
Koelcel 19°C	2.54	4.58	1.36	0.29	8.77
Koelcel 22°C	2.27	4.54	1.13	0.17	8.11

\* NB Het gaat in de eerste vier kolommen om verschillende vormen van energie die in de zelfde eenheid worden uitgedrukt, maar verschillend geprijsd zijn en eigenlijk niet zomaar bij elkaar op geteld kunnen worden. Belichting is elektriciteit, warmte spreekt voor zich en ontvochtiging en koeling zijn koude.

In de weergegeven energieverbruiken in Figuren 13 t/m 15 is nog geen rekening gehouden met de warmte die bij de productie van koude in de warmtepomp vrijkomt. Er wordt vanuit gegaan dat de COP van de warmtepomp op de koude kant 3 en aan de warme kant 4 is. Dat betekent dat als er 1 kWh elektriciteit de warmtepomp ingaat, er 4 kWh warmte bij vrijkomt. In Figuur 16 zijn van de 3 cases de elektriciteitsgebruiken bij elkaar opgeteld en is de warmte die de warmtepomp produceert van het warmtegebruik afgetrokken. De berekeningen met het kasklimaatmodel KASPRO zijn dynamisch op basis van een 2 minuten interval gemaakt. Het model berekent onder andere de benodigde hoeveelheid elektriciteit voor de lampen, de benodigde warmte en koude voor koeling. Om de vertaling naar energiegebruik per pot te maken is een deel van de dynamica achterwegen gelaten door deze berekeningen op basis van dagsommen te doen. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat met buffers van warmte en koude in het ketelhuis de momentane onbalans kan worden weg gefilterd. Het resultaat is in Figuur 16 gepresenteerd.



**Figuur 16** Totaal verbruik aan elektriciteit en het restgebruik aan warmte per pot voor een gehele teelt voor de referentie, koelcel 19°C en koelcel 22°C case afhankelijk van de oppotdatum.

Zoals al uit Tabel 15 bleek, verbruikt de koelcel 19°C case duidelijk meer stroom dan de koelcel 22°C case, wat toe te schrijven is aan het 2 weken langere verblijf in de koelcel. Wat ook opvalt, is de sterke reductie van de overblijvende warmtevrage van de koelcel 19°C case en in mindere mate van de koelcel 22°C case. Dit is direct het gevolg van de noodzakelijke jaarrond inzet van de warmtepomp in de cases met de koelcel om deze jaarrond te kunnen koelen en ontvochtigen. Hierbij is dus ook een jaarrond warmteoverschot van de warmtepomp die weer ingezet kan worden bij de verwarming van de rest van de teeltfasen. Omdat de referentie de warmtepomp alleen in de zomer hoeft in te zetten (ca. 90 dagen) is daar voor de oppotperiode van november tot januari een reductie van de resterende warmtevrage zichtbaar.

In Tabel 16 is er verdere invulling aan deze gebruiken gegeven, door de op jaarbasis resterende gemiddelde energiegebruiken per pot en de bijbehorende kosten voor deze 3 cases te berekenen. Omdat warmte per kWh veel goedkoper te produceren is dan elektriciteit, lijken de grote verschillen uit Figuur 16 weer helemaal weg te vallen. Er is uitgegaan van een elektriciteitsprijs van 8 cent per kWh en een gasprijs van 20 cent per m<sup>3</sup>. Bedenk hierbij wel dat er uit 1 m<sup>3</sup> gas 8.8 kWh warmte kan worden gemaakt.

Tabel 16 laat uiteindelijk een toename van 5% in de energiekosten zien als de planten in de koelfase 14 dagen korter in een koelcel gekoeld worden (case koelcel 22°C). Voor de case koelcel 19°C loopt door het langere verblijf in de koelcel de energiekosten op met 13% per pot. Daarbij zijn deze energiekosten uiteraard gevoelig voor het prijspeil. Bij een elektriciteitsprijs van 4 cent per kWh (gasprijs van 16 cent per m<sup>3</sup>) komen de energiekosten uit op 16.68 cent en 15.94 cent voor respectievelijk de cases koelcel 19°C en 22°C en 16.40 cent voor de referentie. Door in cellen te gaan koelen is er ca. 40% meer elektriciteit en ca. 40% minder aanvullende warmte benodigd ten opzichte van een reguliere kasteelt. Deze verbruiken zijn uiteraard sterk afhankelijk van de gekozen uitgangspunten zoals toepassing van LED alleen in de koelcellen en SON-T in de reguliere kasteelt.

**Tabel 16**

*Resterend gemiddeld energiegebruik per pot voor de gehele teelt van elektriciteit en warmte en de totale energiekosten voor de referentie, koelcel-19°C en koelcel-22°C case.*

Case	Elektriciteit (kWh)	Warmte (kWh)	Totaal* (kWh)	Energiekosten (cent)
Referentie	2.04	4.53	6.57	26.61
Koelcel 19°C	3.09	2.37	5.46	30.13
Koelcel 22°C	2.71	2.81	5.52	28.05

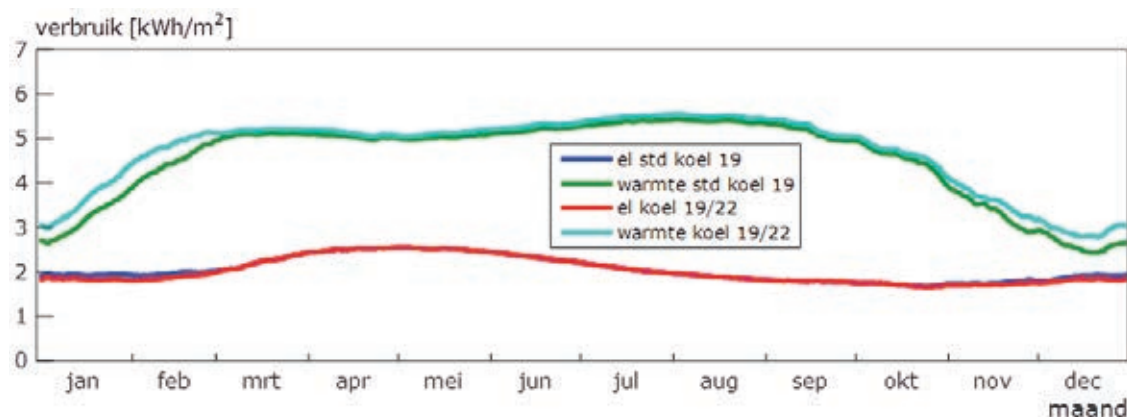
\* NB Het gaat in de eerste twee kolommen om verschillende vormen van energie die in de zelfde eenheid worden uitgedrukt, maar verschillend geprijsd zijn en eigenlijk niet zomaar bij elkaar op geteld kunnen worden.

Naast deze variabele kosten, is er nog een belangrijk verschil aan te merken tussen de referentieteel en het koelen in de teeltcel, en dat zijn de investeringskosten in de teeltcel. Daarbij moet ook de meer-investering in de LED belichting ten opzichte van investering in SON-T belichting in een kas niet onderschat moet worden. Daar staat tegenover dat door de verkorte koelfase er minder gekoelde m<sup>2</sup>'s zijn. De vergelijking van de investeringskosten valt uiteraard anders uit als in de referentie ook LED belichting gebruikt wordt.

### 4.3 Energieverbruik bij 2 weken 22°C bij start koeling

Voor een aantal cultivars is in hoofdstuk 3 gebleken dat het mogelijk is om in de eerste twee weken van de koeling een hogere temperatuur (22°C) aan te houden zonder nadelige effecten op het percentage meertakkers. Om inzicht te geven in het effect op het energieverbruik, is in deze paragraaf het energieverbruik voor deze situatie doorgerekend. Omdat voor sommige cultivars twee weken 22°C nog te lang was, is praktijktoepassing in de huidige teeltsystemen met veel cultivars in één kas echter lastig. Voor de situatie van minder diep koelen in eerste twee weken van de koelfase is uitgegaan van opkweek, koeling en afkweek in referentiekas zoals beschreven in 4.1 met 2 weken koeling bij 22°C en 6 weken koeling bij 19°C en vergeleken met een koeling van 8 weken 19°C. Bij de energieberekeningen is dezelfde aanpak gebruikt als in 4.2.

Het elektriciteits- en warmteverbruik per pot per oppotdatum door het jaar heen, is weer gegeven in Figuur 17 en in Tabel 17 staat het gemiddelde verbruik over het hele jaar heen. Er is een kleine besparing op elektriciteit voor de koeling voor planten die in de winter maanden worden opgepot en in de zomer gekoeld worden. De besparing is relatief klein omdat het elektriciteitsverbruik overheerst wordt door de belichting en alleen gekoeld wordt als de temperatuur niet met andere teeltmaatregelen voldoende laag gehouden kan worden. Wat opvalt is dat het warmteverbruik omhoog gaat. Dit komt omdat er bij minder diep koelen, minder koude gemaakt wordt met de warmtepomp en minder restwarmte van de warmtepomp beschikbaar is. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat die warmte wordt gebruikt voor de verwarming. Daardoor is er bij minder koelen, meer warmte nodig van de ketel voor de verwarming.



**Figuur 17** Verbruik aan elektriciteit voor de belichting, ontvochtiging en koeling en het gebruik aan warmte per pot voor een gehele teelt voor de koelcel 22°C case afhankelijk van de oppotdatum.

**Tabel 17**

Gemiddeld energiegebruik per pot over het jaar voor de gehele teelt van elektriciteit en warmte voor de standaard koeling met 8 weken 19°C en de 2 weken 22°C / 6 weken 22°C case in een standaard teeltkas.

Case	Elektriciteit (kWh)	Warmte (kWh)
Referentie 8 weken 19°C	2.05	4.53
2 weken 22°C en 6 weken 19°C	2.01	4.71



## 5 Conclusies

1. Is minder extreem koelen in de eerste weken van de koeling mogelijk zonder vermindering van het aantal bloemtakken per plant?

De temperatuurwissel-behandeling gaf cultivarafhankelijke effecten. Deze lijken af te hangen van de snelheid van de cultivar. Bij een trage uitloper zoals Cambridge kon er aan het begin van de koelperiode 3 weken 22°C aangehouden worden zonder kwaliteitsverlies. Bij een snellere uitloper als Springtime kon 2 weken 22°C aangehouden worden zonder significant in te leveren op het aantal bloemtakken. Voor de zeer snelle uitloper Tropic Snowball was 2 weken 22°C nog te lang. Mogelijk zou een week 22°C wel kunnen zonder kwaliteitsverlies. Het effect op energiebesparing en teeltversnelling wordt echter wel steeds kleiner. Bij cultivars die gevoelig zijn voor koudeschade is het nog zeker het overwegen waard om niet direct van 28°C naar 19°C te gaan, omdat daarmee ook het optreden van koudeschade verminderd kan worden.

2. Bevordert rood stuurlicht het aantal takken per plant?

Bij 19°C heeft rood stuurlicht geen effect, ook niet bij de winterlicht-behandelingen. Dit komt overeen met de resultaten van de proef uit 2014 (Dueck *et al.* 2014): Bij voldoende koeling voegt lightspectrum niets toe. Ook onder 22°C heeft rood licht met lage intensiteit geen effect. Meer rood licht geven in de zomer, zoals in de proef uit 2014, is in een kasteelt praktisch gezien niet haalbaar. De sturing op een hoger percentage meertakkers door middel van een hoge rood/verrood ratio zou mogelijk wel zin hebben in een teelt zonder daglicht (meerlagen-systeem). Energieberekeningen in hoofdstuk 4 laten zien dat de warmtevraag circa 40% afneemt en de elektriciteitsvraag circa 40% toeneemt als de koelfase in teeltcellen uitgevoerd gaat worden.

3. Kan met LED-belichting in plaats van SON-T in een winter-situatie een gelijk aantal bloemtakken per plant in dezelfde teeltijd worden gerealiseerd?

Bij sturing op gelijke gewastemperatuur en 4 mol/m<sup>2</sup> lamplicht en 3,2 mol/m<sup>2</sup> natuurlijk licht per etmaal, geeft belichting met LED-lampen (rood/blauw) net zoveel meertakkers als belichting met SON-T lampen. Hiermee kan het energieverbruik voor de belichting in de winter met 31% verminderd worden (op basis van energieverbruik van Philips LED-lampen van 2.7 µmol/joule en SON-T lampen van 1.85 µmol/Joule). Bovendien kan in periodes dat er belicht wordt en tevens actief gekoeld wordt (zoals in najaar/voorjaar) met LED-belichting extra voordeel behaald worden omdat er minder lampwarmte weg gekoeld hoeft te worden. Voor het realiseren van gelijke planttemperatuur in de winter zal bij gebruik van LED-lampen de stooktemperatuur wel iets hoger moeten zijn. In de proef is gemiddeld 8 uur per etmaal met de lampen bij belicht met gemiddeld 4 mol/m<sup>2</sup> lamplicht en 3,2 mol/m<sup>2</sup> natuurlijk licht per etmaal. Dit is minder uren belichting dan op donkere dagen midden in de winter in de praktijk.

4. Geeft het verkorten van de daglengte van 15 naar 12 uur een hoger percentage meertakkers?

Bij een gelijke gewastemperatuur voegt daglengteverkorting niets toe. Dat neemt niet weg dat in de praktijk er mogelijk energiezuiniger gekoeld kan worden bij een kortere dag. Dagverkorting in de zomer zal een lagere planttemperatuur in de hand werken, wat bij onvoldoende koelcapaciteit gunstig kan zijn voor meertakkers. Daglengteverkorting heeft dan de functie van een klimaatbeheersingsmaatregel en kan indirect via een lagere planttemperatuur mogelijk wel een positief effect geven.





# Literatuur

- An SK, Kim YJ, Kim KS. 2013.  
Inhibition of inflorescence initiation in immature *Doritaenopsis* Queen Beer 'Mantefon' by photoperiod and temperature. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 54 :223-227.
- Blanchard MG, Runkle ES. 2006.  
Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. *Journal of experimental botany* 57, 4043-4049.
- Blanchard M, Lopez R, Runkle E, Wang Y-T. 2007.  
Growing the Best *Phalaenopsis*, Part 4. *Orchids* 76, 266-271.
- Blanchard MG, Runkle ES. 2008.  
Benzyladenine promotes flowering in *Doritaenopsis* and *Phalaenopsis* orchids. *Journal of Plant Growth Regulation* 27, 141-150.
- Chen WS, Liu HY, Liu ZH, Yang L, Chen WH. 1994.  
Gibberellin and temperature influence carbohydrate content and flowering in *Phalaenopsis*. *Physiologia Plantarum* 90, 391-395.
- Chen WH, Tseng YC, Liu YC, Chuo CM, Chen PT, Tseng KM, Yeh YC, Ger MJ, Wang HL. 2008.  
Cool-night temperature induces spike emergence and affects photosynthetic efficiency and metabolizable carbohydrate and organic acid pools in *Phalaenopsis aphrodite*. *Plant cell reports* 27, 1667-1675.
- Dueck T, Meinen E, Hogewoning SH, Trouwborst G, Pot CS. 2014.  
Bloei & Stuurlicht bij *Phalaenopsis*: Bloei-inductie door stuurlicht spaart energie. Wageningen UR Glastuinbouw, Bleiswijk, 36p.
- Gordon, B. (1989).  
*Phalaenopsis Flower Induction (or, How To Make Them Bloom)*. Orchid Soc. Bull, 58(9).
- Huang C, Chen W, Chen Y. 2004.  
Daylength affects both free and conjugated indole-3-acetic acid levels in leaves and flowering in *Doritis pulcherrima* (orchid). *Canadian journal of plant sciences* 84: 881-883.
- Hsiao YY, Pan ZJ, Hsu CC, Yang YP, Hsu YC, Chuang YC, Shih HH, Chen WH, Tsai WC, Chen HH. 2011.  
Research on orchid biology and biotechnology. *Plant and Cell Physiology* 52, 1467-1486.
- Jang S, Choi SC, Li HY, An G, Schmelzer, E. (2015).  
Functional characterization of *phalaenopsis aphrodite* flowering genes PaFT1 and PaFD. *PLoS ONE*, 10, 1-29.
- Kataoka K, Sumitomo K, Fudano T, Kawase K. 2004.  
Changes in sugar content of *Phalaenopsis* leaves before floral transition. *Scientia horticulturae* 102, 121-132.
- Lee N, Lin G. 1984.  
Effect of temperature on growth and flowering of *Phalaenopsis* white hybrid. *J. Chinese Soc. Hort. Sci* 30, 223-231.
- Lopez RG, Runkle ES. 2004.  
The Flowering of Orchids, A Reality Check. *Orchids*. March 2004, 196-203.
- Lopez RG, Runkle ES. 2005.  
Environmental physiology of growth and flowering of orchids. *HortScience* 40, 1969-1973.
- McSteen P. 2009.  
Hormonal Regulation of Branching in Grasses. *Plant Physiol.* 149, 46-55.
- Newton LA. 2008.  
Effects of high temperature and plant growth regulators on vegetative growth and flowering of potted orchids. Msc-Thesis, Michigan state university, 172.
- Newton LA, Runkle ES. 2009.  
High-temperature inhibition of flowering of *Phalaenopsis* and *Doritaenopsis* orchids. *HortScience* 44, 1271-1276.
- Qin Q, Kaas Q, Zhang C, Zhou L, Luo X, Zhou M, Sun X, Zhang L, Paek K-Y, Cui Y. 2012.  
The cold awakening of *Doritaenopsis* 'Tinny Tender' orchid flowers: the role of leaves in cold-induced bud dormancy release. *Journal of Plant Growth Regulation* 31, 139-155.
- Rolland F, Baena-Gonzalez E, Sheen J. 2006.  
Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57, 675-709.

- Runkle E. 2010.  
Environmental and hormonal regulation of flowering in *Phalaenopsis* orchids: a mini review. *International Orchid Symposium* 878, 263-267.
- Sailo, N, Deepak Rai and De, LC 2014.  
Physiology of temperate and tropical orchids - An Overview. *International Journal of Scientific Research*, 3: 3-8.
- Sakanishi Y, Imanishi H, Ishida G. 1980.  
Effect of Temperature on Growth and Flowering of *Phalaenopsis amabilis*. *Bulletin of the University of Osaka Prefecture. Ser. B, Agriculture and biology*. 1980, 32, p.1-9
- Su WR, Chen WS, Koshioka M, Mander LN, Hung LS, Chen WH, Fu YM, Huang KL. 2001.  
Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of *Phalaenopsis hybrida* under high temperature conditions when flower development is blocked. *Plant Physiology and Biochemistry* 39, 45-50.
- Teixeira da Silva JA, Kerbauy GB, Zeng S, Chen Z, Duan J. 2014.  
In vitro flowering of orchids. *Critical reviews in biotechnology*. 34: 56-76.
- Trouwborst G, Hogewoning, SW, Pot CS. 2013.  
Stuurlicht bij de tijd. Bunnik. 61p.
- Trouwborst, G, Pot CS, de Vries DP. 2012.  
Knopuitloop bij Roos: Effecten van stuurlicht en temperatuur. *Plant Dynamics B.V., Wageningen*. 33p.
- Tsai WT, Wang YT, Lin HL. 2008.  
Alternating temperature affects spiking of a hybrid *Phalaenopsis*. *Acta Horticulturae* 766, 307.
- Wang WY, Chen WS, Chen WH, Hung LS, Chang PS. 2002.  
Influence of abscisic acid on flowering in *Phalaenopsis hybrida* *Plant Physiology and Biochemistry* 40, 97-100.
- Wang WY, Chen WS, Huang KL, Hung LS, Chen WH, Su WR. 2003.  
The effects of daylength on protein synthesis and flowering in *Doritis pulcherrima*. *Scientia horticulturae* 97, 49-56.
- Wang YT, Tsai WT, Dai TE. 2013.  
How temperature and photoperiod impact orchid spiking. *Greenhouse grower* 48-52.
- Yoneda K, Momose H, Kubota S. 1991.  
Effects of daylength and temperature on flowering in juvenile and adult *Phalaenopsis* plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 60, 651-657.

# Bijlage 1 Takuitloop Phalaenopsis: literatuur

door G. Trouwborst en S.W. Hogewoning, Plant Lighting B.V.

## Inleiding

Phalaenopsis is op dit moment het belangrijkste gewas binnen de potplantensector in Nederland. Gedurende een aanzienlijk gedeelte van de teeltcyclus (6-9 weken) worden de planten bij lage temperaturen geteeld ( $\leq 19^{\circ}\text{C}$ ). Deze lage temperatuur periode is nodig om de hormoonhuishouding van de planten zo te sturen dat de bloemtakvorming op gang komt. Tevens wordt in de opkweek juist een hoge temperatuur ( $28^{\circ}\text{C}$ ) gebruikt om ongewenste bloei te voorkomen.

Omdat bloei-inductie een hormonaal gestuurd proces is, bestaat er een goede kans dat dezelfde effecten die met koeling en warmte bereikt worden ook met stuurlicht te bewerkstelligen zijn: Via de spectrale samenstelling van het licht kan de hormoonbalans op velerlei manieren gestuurd worden. Zo is bijvoorbeeld van het proces lengtegroei bekend dat temperatuur (DIF: verschil dag-nachttemperatuur) en stuurlicht een groot effect hebben op de stengellengte. Beide methodes beïnvloeden de hormoonhuishouding in de plant zodat uiteindelijk met stuurlicht of met DIF éénzelfde resultaat kan worden bereikt. Vanuit de gedachte dat met stuurlicht éénzelfde resultaat zou kunnen worden geboekt als temperatuur, is in dit literatuuroverzicht gezocht naar een antwoord of het mogelijk is om tijdens de inductiefase van de phalaenopsisteelt minder extreem te hoeven koelen. Dit zou namelijk forse energiebesparing kunnen opleveren.

Het mes snijdt voor de inductiefase van phalaenopsis aan twee kanten: In de zomer kost de koelfase veel energie. Daarnaast vertragen de lage temperaturen de ontwikkelingssnelheid van de plant en de fotosynthese (dus de groei), waardoor de teelt langer duurt. Minder extreem koelen zal dus resulteren in energiebesparing en teeltversnelling. In de winter is de lengte van de teeltduur één op één gerelateerd aan het energieverbruik per geproduceerde plant en resulteert teeltversnelling in energiebesparing. Hetzelfde geldt voor de toepassing van warmte om voorbloei in de opkweek te voorkomen: Als stuurlicht ingezet zou kunnen worden om bloei in gang te zetten, dan is het aannemelijk dat een andere toepassing van stuurlicht bloei juist tegenhoudt. De technieken zijn er inmiddels of er wordt aan ontwikkeld (LED's, coatings, schermen), maar de kennis voor toepassing ontbreekt nog. Kortom, een alternatief voor de koel- en/of warmteperiode bij Phalaenopsis zal leiden tot forse energiebesparing en een hogere teeltsnelheid.

In de zoektocht in de literatuur zijn de volgende vragen nagegaan:

1. Hoe verloopt bloei op procesniveau bij Phalaenopsis? Wat doet koeling eigenlijk op procesniveau?
2. Kan met lichtkleur hetzelfde effect bereikt worden als met koeling bij bloei-inductie?

## Verloop bloei-inductie bij Phalaenopsis

### Groei en ontwikkeling bij Phalaenopsis

In de Nederlandse Phalaenopsisteelt wordt de teelt opgedeeld in vier fasen (Tabel B1). De eerste twee fasen vallen onder de vegetatieve fase, de laatste twee onder de generatieve fase. Gedurende de vegetatieve fase ontwikkelen telkens nieuwe bladeren en in ieder bladoksel ontwikkelen twee knoppen: een vegetatieve knop en een generatieve knop (Hsiao *et al.* 2011). Om de planten gedurende de opkweekfase vegetatief te houden, worden de planten gekweekt bij  $28^{\circ}\text{C}$ . Het toelaten van lagere temperaturen dan  $28^{\circ}\text{C}$  gedurende de opkweek geeft een hoger percentage voortakken. Het percentage voortakken is het hoogst gedurende de opkweek in het najaar (pers. med. R. Ammerlaan).

Tabel B1

*Fases in de teelt van Phalaenopsis.*

	fases in de teelt	Duur (weken)	Temp (etmaal)
1	Opkweek 1	±17	28°C
2	Opkweek 2	±11	28°C
3	Koeling / inductie*	±6-10	~19.5°C
4	Afkweek*	±12-8	~21°C

\* De exact gehanteerde temperaturen gedurende de koeling en afkweek verschillen van bedrijf tot bedrijf.

Gedurende de inductiefase vinden er twee hoofdprocessen plaats:

- Opheffing knoprust en uitgroei bloemtak.
- Bloemknop-initiatie wanneer tak rond de 5 cm is (Lopez & Runkle, 2005; Hsiao *et al.* 2011).

Gedurende de afkweekfase vindt de verdere uitgroei van de tak plaats en de ontwikkeling van de bloemen tot de bloeifase.

Gedurende de inductie en de afkweek wordt er in de praktijk actief gekoeld. Te hoge temperaturen gedurende de inductie resulteren in minder planten met bloemtakken en vooral minder tweetakkers. Als de tak korter is dan 10 cm, kunnen te hoge temperaturen leiden tot een doorgroeiende tak zonder bloeminductie of in plaats van bloeminductie, de ontwikkeling van een 'keiki' (Lopez & Runkle, 2005; Runkle, 2010; Foto B1). Als de tak langer is dan 10 cm, kunnen te hoge temperaturen in de afkweek leiden tot minder bloemen, dunnere, kleinere bloemblaadjes en een kortere houdbaarheid (Sakanishi, 1980; Blanchard *et al.* 2007). Bovenstaande informatie suggereert dat de inductieperiode minimaal zolang moet duren dat de uitgelopen takken langer zijn dan 10 cm.



**Foto B1** Ontwikkeling van een 'keiki' door te hoge temperaturen na de takinductiefase. Bron: wikipedia

### Effect van temperatuur op de tak- en bloeminductie

Runkle (2010) geeft aan dat bij planten die voldoende groot zijn (mature) er tenminste 2-4 weken een temperatuur van beneden de 26°C gehanteerd zal moeten worden om bloei-inductie te verkrijgen. Dit is ver boven de inductietemperaturen in Nederland. Tabel B2 geeft een kort overzicht van in de wetenschappelijke literatuur toegepaste temperatuurregimes om bloei te induceren in Phalaenopsis.

Tabel B2

Inductietemperaturen die gebruikt werden bij wetenschappelijke proeven met *Phalaenopsis*.

	Inductietemperatuur (dag / nacht in °C)	Daglengthe	Bron
1	25 / 20	12 uur	Chen <i>et al.</i> 1994 Wang <i>et al.</i> 2002
2	23 / 23 dagtemperatuur en niet nachttemp bepalend!	12 uur	Blanchard & Runkle, 2008
3	28 / 20 dagtemperatuur niet, nachttemperatuur wel bepalend!	14 uur	Chen <i>et al.</i> 2008
4	22 / 18	14 uur	Qin <i>et al.</i> 2012
5	25/20 & 20/15		Lee & Lin, 1984
6	25/20 (beter dan 20 /15)		Tsai <i>et al.</i> 2008

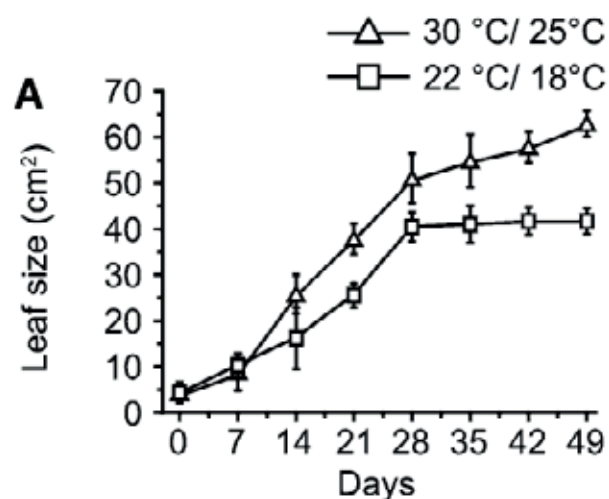
Opvallend is dat de Nederlandse kwekers met een veel lagere temperatuur ( $\sim 19.5^{\circ}\text{C}$ ) induceren dan in wetenschappelijke proeven gedaan wordt. Zelfs de afkweektemperatuur van ( $\sim 21^{\circ}\text{C}$ ) is lager dan de inductietemperaturen in wetenschappelijke proeven.

Tabel B2 laat ook zien dat soms de nachttemperatuur en soms de dagtemperatuur bepalend is voor het wel of niet induceren van de bloei. Vermoedelijk zijn deze verschillen terug te voeren op cultivarverschillen. Ook in de praktijk is bekend dat cultivars verschillend van elkaar kunnen reageren. Hybrides van *Phalaenopsis* en *Doritis pulcherrima* (*Doritaenopsis*) reageren anders naarmate er meer eigenschappen van *Doritis* inzitten. *Doritis* is binnen het huidige systeem van induceren via 6-10 weken koude, slecht planbaar. Hybrides die slecht planbaar zijn, verdwijnen vanzelf uit het geteelde assortiment (pers. med. E. van de Werken, 2013).

Qin *et al.* (2012) geven een korte beschrijving van het verloop van de inductie bij *Doritaenopsis* 'Tinny Tender' (*Doritaenopsis* 'Happy Smile' x 'Happy Valentine'):

- Vanaf dag 0: Inductie (22/18).
- Vanaf dag 28: vegetatieve groei gestopt / start knopgroei (Figuur 4).
- Dit gaat samen met verandering suiker- en zetmeelgehalte.
- Dag 42: knop komt los, scheutje wordt zichtbaar.
- Verdere uitgroei tak.

Opvallend in dit schema is dat het loskomen van de knop samenvalt met het stilvallen van de bladexpansie.



**Figuur B1** Verloop bladontwikkeling vanaf start van de inductiefase bij *Doritaenopsis* 'Tinny Tender'.

Bron: Qin *et al.* 2012.

Verder wordt nog opgemerkt dat hogere temperaturen ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) nadat er takinductie heeft plaats gevonden resulteren in een fors langere bloemtak (Lee & Lin, 1984; Newton & Runkle, 2009). Tevens versnellen hogere temperaturen ( $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ ) – nadat er bloeminitiatie heeft plaats gevonden – aanzienlijk de tijd tot bloei (Tsai *et al.* 2008). Echter dit gaat gepaard met minder takken en bloemen (Lee & Lin, 1984; Blanchard & Runkle, 2006).

## Invloed van hormonen op de tak- en bloeminductie bij Phalaenopsis

### Cytokinine en gibberelline:

Voor het versnellen van de tak- en bloeminductie worden de planthormonen cytokinine en gibberelline toegepast (Chen *et al.* 1994; Blanchard & Runkle, 2008). Toepassing van cytokinine bij inductietemperaturen gaf meer takken en ook meer bloemen. Een belangrijke observatie hierbij was dat het toepassen van cytokinine bij planten die groeiden bij  $29^{\circ}\text{C}$  geen effect had. Het toepassen van de hormonen versterkt dus het (tak)inductie-effect, maar kan dit niet vervangen.

Chen *et al.* (1994) en Su *et al.* (2001) laten zien dat zowel bij planten met een bloemtak van 2-3 cm (dus vóór bloei-inductie) als planten met een bloemtak van 7-10 cm (al 5-8 bloemprimordia aanwezig), bij een hoge temperatuur van  $30/25^{\circ}\text{C}$  (dag/nacht) geen bloemen worden aangelegd. Het toepassen van gibberelline resulteerde wel in bloei. Chen *et al.* (1994) suggereren dat door de toepassing van gibberelline de sinksterkte (het vermogen om suikers naar zich toe trekken) van de zich ontwikkelende tak wordt ondersteunt. Su *et al.* (2001) laten zien dat hoge temperatuur  $30/25^{\circ}\text{C}$  (dag/nacht) gedurende de ontwikkeling van een bloemtak van zo'n 2-10 cm een negatief effect heeft op de aanmaak van gibberelline en resulteert in bloemloze takken.

Gibberelline kan ook de strekking van de bloemtak bevorderen. Het omgekeerde is ook het geval: het toepassen van chemicaliën die de aanmaak van gibberelline blokkeren, remt de stengelstrekking (Runkle, 2010).

Bovenstaande maakt duidelijk dat stuurlicht dat de aanmaak van cytokininen en/of gibberellinen stimuleert, mogelijk perspectief biedt om de koelfase te vermijden of te verkorten.

### Abscisinezuur:

Het toepassen van Abscisinezuur (ABA) blokkeert de takontwikkeling onder inductietemperatuur (Wang *et al.* 2002). Tevens is het interne gehalte van ABA in een slapende knop (nog niet geïnduceerd) hoog en is verdwenen wanneer de scheutjes 2-3 cm zijn (Wang *et al.* 2002).

### Auxine:

Over een mogelijke rol van auxine bij Phalaenopsis is niets bekend. In de paragraaf 'opheffing knoprust via lichtkleur' wordt een mogelijke rol van auxine genoemd. Auxine speelt namelijk een dominante rol bij processen zoals apicale dominantie en okselknopuitloop (vertakking).

### Suikers:

Aan de (ophoping van) suikers wordt ook een hormonale werking toegekend (sugar signalling, Rolland *et al.* (2006). Kataoka *et al.* (2004) vonden bij een grotere hoeveelheid sucrose in de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> week na start van de koelperiode, een kortere tijd tot knopuitloop. Op grond hiervan doen zij de suggestie dat de suikeroophoping weleens belangrijker kon zijn voor inductie dan de koudeperiode. Echter dit is enigszins in de orde van het kip-ei probleem: koude zal ook voor remming van de bladontwikkeling zorgen en daarom dus een ophoping van suikers. De gedachtegang dat de ophoping van suikers positief bijdraagt aan de tak- en bloeminductie ligt achter de trend in de praktijk om met een steeds hogere intensiteit te gaan belichten in de koelfase.

Chen *et al.* (2008) gaan echter tegen Katoka *et al.* (2004) in, omdat zij geen opvallend grote verschillen vinden in het verloop van sucrose gedurende een dag tussen een referentie en een inductie-behandeling. Wat uit het werk van Kataoka *et al.* (2004) wel te concluderen is, is dat te weinig licht (<4 mol) gedurende de inductie fors vertragend kan werken op de takinductie. Voldoende assimilaten is dus een randvoorwaarde om geen vertraagde takinductie te krijgen.

## Effect van daglengte bij *Phalaenopsis*?

Bij *Phalaenopsis* worden in de literatuur over daglengte-gevoeligheid tegengestelde uitspraken gedaan:

- DN: Daglengte neutrale plant (Sakanishi *et al.* 1980; Lopez & Runkle, 2004, 2005 en referenties hierin; Jang *et al.* 2013). Tevens wordt door sommige auteurs genoemd dat onderzoek naar het effect van een korte dag vaker een lagere gemiddelde temperatuur heeft (zie referenties in Newton 2008 en Sailo *et al.* 2014).
- KD: (Kwantitatieve) korte dag plant (*Phalaenopsis* 'Hisa Nasu': Yoneda *et al.* 1991; Su *et al.* 2001; Hsiao *et al.* 2011; Wang *et al.* 2003: *Doritis Pulcherima* 'Lindley'.
- LD: Lange dag plant: Er zijn cultivars die in de zomer in bloei komen (P. Bellina, P. Violaceae: Hsiao *et al.* 2011; P. sanderiana: Blanchard & Runkle, 2006)
  - NB Wang (2013) noemt ook *Doritis Pulcherima* als lange dag plant, dit gaat dus volledig in tegen de gelijknamige Wang *et al.* 2003.

Gordon (1989) maakt een onderscheid tussen lente-bloeiende en zomer-bloeiende *Phalaenopsis*, deze induceren respectievelijk in de herfst en lente (april). Volgens Gordon (1989) vallen de volgende soorten onder de zomerbloeiers: *Phalaenopsis amboinensis*, *corningiana*, *cornu-cervi*, *fuscata*, *lueddemanniana*, *lindenii*, *mariae*, *sumatrana*, *venosa* en *violacea*. Hij maakt hierbij de opmerking dat hybrides van zomer- en herfstbloeiers onvoorspelbaar in bloeiedrag zijn met betrekking tot het aanbieden van een lange dag. Wang (2013) geeft aan dat takken van *Phalaenopsis pulcherima*, *buyssoniana* en *Doritaenopsis* 'Purple Gem' onder lange dag van 14 uur wel uitliepen maar niet onder 9 dag uur (D/N temperaturen van 25/20°C).

Door verschillende auteurs wordt het effect van korte dag genuanceerd: Su *et al.* (2001) geven aan dat daglengte van ondergeschikt belang is ten opzichte van het aanbieden van lage temperaturen. Wang (2013) geeft aan dat KD niet nodig is maar dat dit bij sommige cultivars een versnelling van 5-8 dagen oplevert ten opzichte van LD, vooral bij kritische temperaturen op de grens van wel of geen inductie. Sakanishi (1980) en Wang (pers med. 2016) geven aan dat KD mogelijk additief aan koeling kan werken, en mogelijk juist tot uiting komt bij temperaturen rondom de kritische grens. Dit laatste zou mogelijk te maken kunnen hebben met het verschil in lucht- en planttemperatuur. Zeer recent laten Jang *et al.* (2015) in een 'genstudie' zien dat, *Phalaenopsis aphrodite*, niet daglengte gevoelig is.

*Phalaenopsis* (*Doritis*) *Pulcherima* en *Doritaenopsis* (hybride van *Phalaenopsis* en *Doritis*):

Zelfs op het niveau van de soortnaam blijkt er tegenspraak te zijn in de literatuur. Wang *et al.* 2003 en Huang *et al.* 2004 laten zien dat *Doritis pulcherima* 'Lindley' een KD-plant is. Onder 9 uur dag lopen 10 van de 12 (!) planten uit, terwijl dit niet het geval is onder een lange dag (2 van de 12 lopen uit). An *et al.* 2013 laat zien dat *Doritaenopsis* een KD plant is: door lange dag zijn minder hoge temperaturen nodig om voorbloeit te voorkomen. Wang (2013) echter merkt op dat *Doritis* een zomerbloeiër is en dus een LD-plant en laat zien dat *Phalaenopsis pulcherrima*, *Phalaenopsis buyssoniana*, *Doritaenopsis* 'Purple Gem' onder een fotoperiode van 14 uur gaan uitlopen, maar niet onder een fotoperiode van 9 uur. Dichterbij huis laat ook Floricultura weten dat *Doritis pulcherima* bij de zomerbloeiërs hoort (pers. med. E. van de Werken).

## Soorten knoprust

Uit bovenstaande gegevens is duidelijk geworden dat in de vegetatieve fase de okselknoppen in rust zijn. Er zijn echter verschillende soorten knoprust bekend:

- Opgelegde knoprust door andere plantorganen (para-dormancy).
- Opgelegde knoprust door omgevingsfactoren (eco-dormancy).
- Interne knoprust (endo-dormancy).



Er is sprake van opgelegde knoprust door andere plantorganen als de uitgroei van een knop wordt tegengehouden door fysiologische factoren die niet in de knop zelf plaatsvinden. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij het al dan niet vertakken van een plant: Een actief groeipunt kan dan dominant zijn ten opzichte van de lager gelegen okselknoppen ('apicale dominantie'), zodat deze niet uitlopen. Dit speelt bij veel tuinbouwgewassen, waaronder roos.

Er is sprake van opgelegde knoprust door omgevingsfactoren als de uitgroei van een knop alleen wordt tegengehouden door klimaatfactoren zoals droogte of koude. Gunstigere omgevingsfactoren leiden dan tot het uitlopen van knoppen.

Er is sprake van interne knoprust als de uitgroei van de knop wordt tegengehouden door fysiologische factoren in de knop zelf. Dit speelt bijvoorbeeld een rol bij knoppen die in het najaar worden aangelegd, maar die een koudeperiode nodig hebben om in het voorjaar te kunnen uitlopen (bijvoorbeeld uitloop van appelbomen of siringen).

Als laatste is het mogelijk dat knoppen een combinatie van bovenstaande soorten van knoprust hebben. Zo kunnen knoppen langdurige koude nodig hebben om uit de interne knoprust te komen (doorbreking endo-dormancy), vervolgens is er wel voldoende warmte nodig om de knoppen in het voorjaar daadwerkelijk te doen uitlopen (doorbreking eco-dormancy).

De uitdaging is om te achterhalen welk type knoprust bij Phalaenopsis een rol speelt. Met de resultaten van de proef in 2014 (Dueck *et al.* 2014) zijn we tot een denkmodel voor Phalaenopsis gekomen. Dit wordt in de volgende paragraaf uitgewerkt.

## Resultaten proef 2014 en denkmodel

In Tabel B3 worden nogmaals de resultaten van de proef uit 2014 (Dueck *et al.* 2014) weergegeven en kort besproken:

- Een koelperiode (19°C, koeling) van 8 weken resulteerde altijd in een hoog percentage meertakkers, zowel bij de cultivar Red Stones als bij Quincy. Dit betekent dat acht weken koeling werkt ongeacht de lichtkleur!
- Acht weken licht met een hoge rood/verrood ratio (=SON-T) resulteerde altijd in een hoog percentage meertakkers ongeacht de temperatuur!
- 4 weken 19°C gevolgd door 4 weken 22°C stimuleerde alleen een hoog percentage meertakkers bij licht met een hoge rood/verrood ratio gedurende de tweede periode van vier weken.
  - Andersom: combinatie 22°C en lage rood/verrood ratio remt uitgroei meertakkers.

Tabel B3

*Resultaten proef 2014. SON-T bevat een hoge rood/verrood ratio. SON-T+verrood heeft een vergelijkbare rood/verrood ratio als daglicht.*

Koelperiode week 1-4		Koelperiode week 5-8		Quincy	Red Stones
Temp	Belichting	Temp	Belichting	% meertakkers (>1 tak)	% meertakkers (>2 tak)
19°C	SON-T	19°C	SON-T	92	32
19°C	SON-T	22°C	SON-T	90	30
19°C	SON-T	22°C	SON-T+ verrood	82	12
19°C	SON-T+ verrood	19°C	SON-T+ verrood	94	46
19°C	SON-T+ verrood	22°C	SON-T+ verrood	80	22
19°C	SON-T+ verrood	22°C	SON-T	92	32
22°C	SON-T	22°C	SON-T	92	34
22°C	SON-T+ verrood	22°C	SON-T+ verrood	81	21

Licht met een hoge rood/verrood ratio induceert dus een hoog percentage meertakkers onafhankelijk van 19 of 22°C koeling, terwijl belichten met SON-T + verrood bij 22°C wel meertakkers kost. Dit suggereert dat de productie van de planthormonen cytokinine en mogelijk ook gibberelline gerealiseerd kan worden door zowel een koelperiode als door licht met een hoge rood/verrood ratio. Echter, ook belichten met een lage rood/verrood ratio (SON-T + verrood) resulteert in de vorming van bloemtakken, met andere woorden, in beide behandelingen worden de planten sowieso generatief. Het generatief maken van de plant is dus minder moeilijk dan het verhogen van het percentage meertakkers. Dit suggereert dat er tenminste twee processen een rol spelen bij het induceren en uitlopen van bloemtakken.

Dit leidt tot het volgende denkmodel over knopuitloop bij Phalaenopsis:

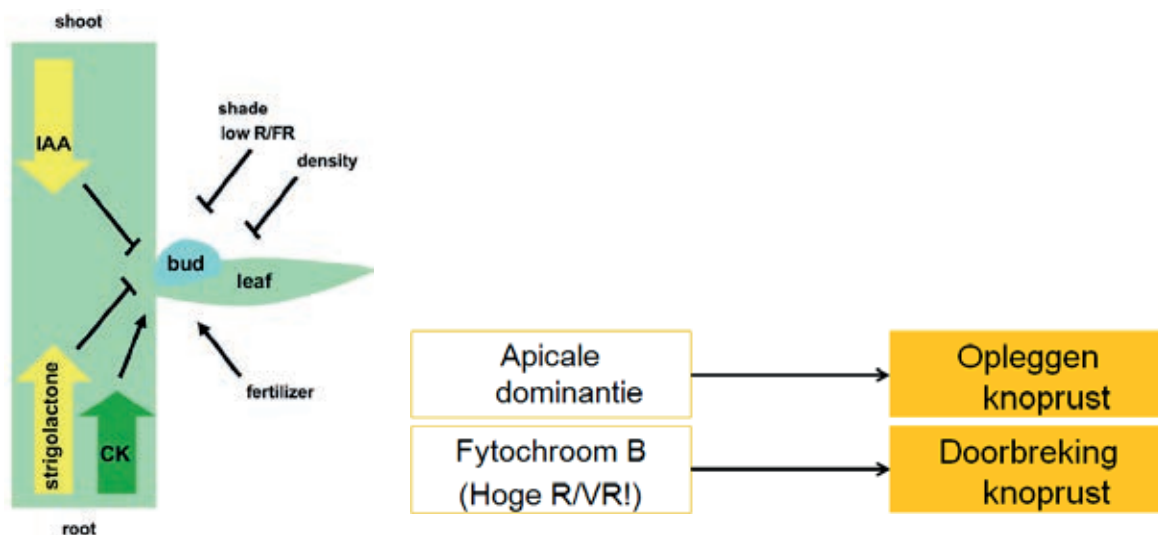
1. Doordat bij alle planten ongeacht de lichtkleur of koeltemperatuur (19 of 22°C) bloemtakknoppen uitgelopen zijn, lijkt de verlaging van teelttemperatuur voldoende te zijn om de planten generatief te maken. De knoprust bij Phalaenopsis lijkt dus op opgelegde knoprust door omgevingsfactoren (eco-dormancy).
2. Om van generatieve planten zoveel mogelijk knoppen uit te laten lopen (percentage meertakkers zo hoog mogelijk te maken), dient óf de temperatuur laag te zijn, óf licht met een hoge rood/verrood ratio aanwezig te zijn. Dit kan als volgt worden verklaard:
  - a. Als de temperatuur relatief hoog is, groeit de eerste knop snel uit en wordt dominant ten opzichte van de 2<sup>e</sup> en/of 3<sup>e</sup> knop (para-dormancy: de eerste knop onderdrukt de uitloop van de volgende knoppen), hierdoor daalt het percentage meertakkers.
  - b. Door gebruik van verrood licht wordt de dominantie van de eerste knop versterkt (verroodà auxinen), hierdoor daalt het percentage meertakkers en door het gebruik van rood licht wordt juist de dominantie van de eerste knop verzwakt (roodàcytokininen) en stijgt het percentage meertakkers.
  - c. De beide wisselbehandelingen met temperatuur en lichtkleur maken duidelijk dat de 2<sup>e</sup> vier weken belangrijk zijn voor de verhoging van het percentage meertakkers:
    - Door licht met hoge rood/verrood ratio te geven in de 2<sup>e</sup> vier weken wordt de dominantie van de eerste knop verzwakt: hierdoor stijgt het percentage meertakkers.
    - Door meer verrood licht in de 2<sup>e</sup> vier weken wordt de dominantie van de eerste knop versterkt: hierdoor daalt het percentage meertakkers.

Samengevat: De knoprust bij Phalaenopsis lijkt eco-dormancy (knoprust door hoge temperatuur) te zijn. Dit wordt ondersteunt door het praktijkgegeven dat bij planten van voldoende grootte één dag koeler dan 28°C al een aantal voortakken kan induceren. Op het moment dat er door temperatuurverlaging okselknoppen gaan uitlopen speelt het proces para-dormancy. Deze paradormancy kan verkleind worden door rood licht en/of een lage temperatuur te geven. Waar paradormancy een rol speelt, ligt het voor de hand dat als de eerste tak voldoende groot is (bijvoorbeeld voorbij de 20 cm), deze zijn apicale dominantie verliest waardoor er vervolgens toch nog een tak zou kunnen uitlopen. Deze tak heeft echter commercieel gezien geen waarde. Voor commercieel gezien een goede inductie moeten er meerdere bloemtakken synchroon uitlopen.

## Opheffing knoprust via lichtkleur?

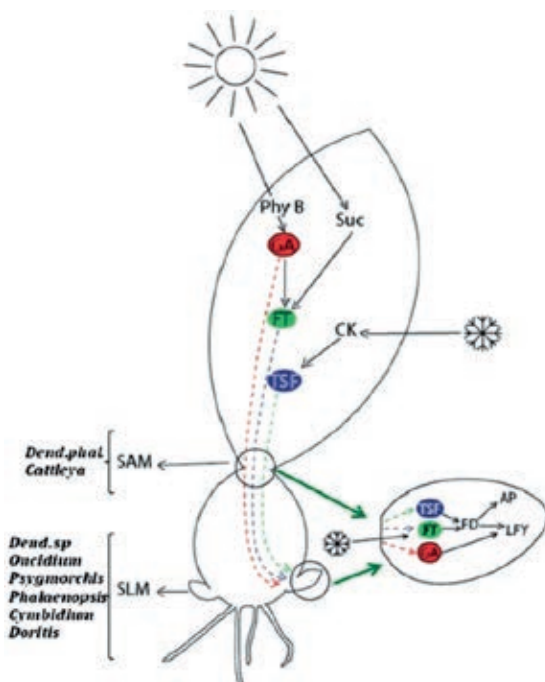
Gezien het hierboven geformuleerde denkmodel, zal voor het generatief maken van de plant (opheffen eco-dormancy) de temperatuur een leidende rol spelen. Voor opgelegde knoprust door bovenliggende knoppen (paradormancy) is bekend dat lichtkleur een rol van betekenis kan spelen. Dit wordt hieronder toegelicht.

Voor het doorbreken van opgelegde knoprust, kan gestuurd worden op actief fytochroom B (Figuur B2). Actief fytochroom B vermindert de apicale dominantie (minder aanmaak auxine) en zorgt voor een grotere kans op vertakking (bijv. bij Roos; Trouwborst *et al.* 2012). Actief fytochroom B kan bereikt worden door licht aan te bieden met een hoge rood/verrood verhouding ofwel een hoge PSS: veel rood en zo min mogelijk verrood licht (voor uitleg PSS, zie rapport: Stuurlicht bij de tijd, Trouwborst *et al.* 2013). Inactief fytochroom B (door verrood licht) versterkt de apicale dominantie (meer aanmaak auxine) en verlaagd de kans op knopuitloop bij opgelegde knoprust.



**Figuur B2** Door 'schaduwlicht' (relatief veel verrood licht à inactief fytochroom B) wordt knopuitloop geblokkeerd. Door rood stuurlicht (actief fytochroom B) kan opgelegde knoprust doorbroken worden. Afkortingen: IAA = Auxine; CK = Cytokinine; shade low R/FR = schaduwlicht met lage rood/verrood verhouding. Bron: McSteen, 2010.

Momenteel verschijnen er ook meer 'gen'-studies van Chinese en Taiwanese universiteiten naar de bloei van phalaenopsis. Teixeira da Silva *et al.* (2014) zien overeenkomsten met de modelplanten rijst en Arabidopsis. Dit wordt via Figuur B3 toegelicht. Het Figuur is te algemeen voor orchideeën om specifieke conclusies voor phalaenopsis te kunnen trekken. In de komende jaren zal dit waarschijnlijk verder worden onderzocht.





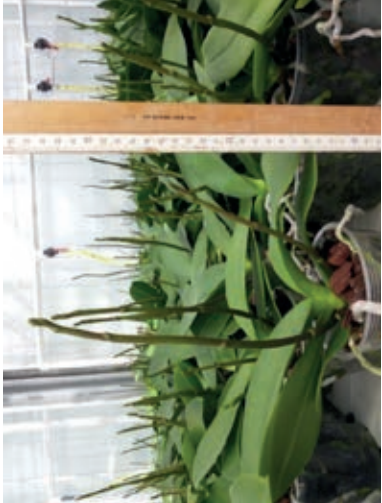





**Figuur B3** Vereenvoudigd diagram voor orchideeën die waarschijnlijke interne en externe signaalfactoren weergeeft die waarschijnlijk betrokken zijn bij de verandering van vegetatieve naar generatieve fase van het scheut-apicale meristeem (SAM) en het scheut-laterale systeem (SLM) door lange en korte afstand signalen. Afkortingen: GA=Gibberellinen, CK: cytokininen, Phy B=phytochroom B, Suc=Sucose (suiker), FT=bloei-gen FLOWERING LOCUS T, TSF=gen homoloog aan FT. FD= Flowering locus D, AP=gen APETALA, LFY=gen LEAFY. Bron: Teixeira da Silva *et al.* 2014.

# Bijlage 2    Ontwikkelingsstadium na 8 weken koeling experiment 2

Tabel B4








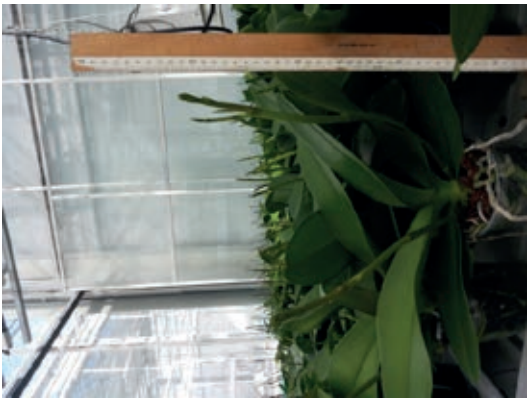
*Ontwikkelingsstadium Cambridge in experiment 2 op 17-8-2016 (2 dagen na einde koeling)*

			
1.01: 2 weken 22°C +6 weken 19°C	1.02: 8 weken 19°C	1.04: 8 weken 19°C + EOD rood	1.08: 8 weken 19°C + DL = 12 uur
			
1.03: 8 weken 22°C	1.05: 8 weken 22°C + EOD rood	1.06: 8 weken 22°C + 15 uur rood	1.07: 8 weken 22°C + DL = 12 uur



Tabel B5

Ontwikkelingsstadium Springtime in experiment 2 op 17-8-2016 (2 dagen na einde koeling).

	1.01: 2 weken 22°C + 6 weken 19°C		1.02: 8 weken 19°C		1.04: 8 weken 19°C + EOD rood		1.08: 8 weken 19°C + DL = 12 uur
	1.03: 8 weken 22°C		1.05: 8 weken 22°C + EOD rood		1.06: 8 weken 22°C + 15 uur rood		1.07: 8 weken 22°C + DL = 12 uur



Tabel B6

Ontwikkelingsstadium Tropic Snowball in experiment 2 op 17-8-2016 (2 dagen na einde koeling).

			
1.03: 8 weken 22°C	1.02: 8 weken 19°C	1.04: 8 weken 19°C + EOD rood	1.08: 8 weken 19°C + DL = 12 uur
			
1.03: 8 weken 22°C	1.05: 8 weken 22°C + EOD rood	1.06: 8 weken 22°C + 15 uur rood	1.07: 8 weken 22°C + DL = 12 uur











To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



Wageningen University & Research,  
BU Glastuinbouw  
Postbus 20  
2665 ZG Bleiswijk  
Violierenweg 1  
2665 MV Bleiswijk  
T +31 (0)317 48 56 06  
F +31 (0) 10 522 51 93  
[www.wageningenur.nl/glastuinbouw](http://www.wageningenur.nl/glastuinbouw)

Glastuinbouw Rapport GTB-1441

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw initieert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties gericht op een duurzame glastuinbouw en de kwaliteit van leven. Dat doen wij door toepassingsgericht onderzoek, samen met partners uit de glastuinbouw, toeleverende industrie, veredeling, wetenschap en de overheid.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen WUR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en WUR hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort WUR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.